

UNIVERSIDAD DE ALICANTE
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES



GRADO EN ECONOMÍA
Curso académico 2016-2017

COINTEGRACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Axel Vázquez Hernández

Alfonsa Denia Cuesta
Departamento de fundamentos del análisis económico

Alicante, junio de 2017

Resumen

El objeto de este trabajo es estudiar si existe cointegración u otra relación entre las series “precios del barril de petróleo” y “precios del gas natural”. Para ello primero analizamos individualmente estas series y concluimos que poseen rasgos semejantes en cuanto a sus estructuras y composición y diferenciadores en el análisis de valores atípicos y de modelos óptimos. Es por esto que las series no parecen estar influenciadas por los mismos factores ni con la misma intensidad.

Ciñéndonos al tema principal de este trabajo, la cointegración, concluimos que no existen evidencias para determinar un efecto cointegrante a largo plazo entre ambas series. Esta evidencia no rechaza una posible relación entre ambas series, de hecho al estudiar mediante modelos VAR la influencia recíproca entre las series, concluimos que los precios del gas no afectan a la formación de los precios del petróleo pero sí a la inversa.

Abstract

The objective of this work is to study if its exist cointegration or other relationship between series "price of oil barrel" and "price of natural gas". For it, first we analysed individually these series and we conclude that possess similar features in terms of their structures and composition and differentating in the analysis of atypical values and the optimal models. This is why the series do not appear to be influenced by the same factors or not even with the same intensity. Clinging to the main issue of this paper, the cointegration, we conclude that there are no evidences to determine a cointegrating effect in the long-term between both series. This evidence does not reject a possible relationship between the series, in fact when we study the VAR models the reciprocal influence between the series, we conclude that the price of gas does not affect to the price of oil but yes conversely.

Palabras clave: Gas, Petróleo, Cointegración y Estacionariedad.

Índice

1. Introducción	5
2. Justificante del tema	5
3. Obtención de datos	6
4. Estructura de los datos	6
A. Metodología	7
5. Gráficos de las series temporales	7
a. Serie “precios del barril de petróleo”	7
b. Hechos relacionados con la serie “precios del barril”	9
c. Serie “precios del gas natural”	18
6. Gráfico Q-Q	19
a. Serie “precios del gas natural”	19
b. Serie “precios del barril de petróleo”	20
7. Gráfico de normalidad	21
a. Serie “precios del gas natural”	22
b. Serie “precios del barril de petróleo”	22
8. Gráfico rango-media	23
a. Serie “precios del gas natural”	24
b. Serie “precios del barril de petróleo”	25
c. Serie “logaritmo del precio del gas natural”	26
d. Serie “logaritmo del precio del barril de petróleo”	26
9. Correlogramas de los logaritmos de ambas series	27
a. Serie “logaritmo del precio del gas natural”	27
b. Serie “logaritmos del precio del barril de petróleo”	28
10. Contraste de Dickey-Fuller	29
a. Serie “precios del gas natural”	30
b. Serie “precios del barril de petróleo”	30
11. Proceso integrado de orden 2	31
a. Serie “precios del gas natural”	31
b. Serie “precios del barril de petróleo”	32
12. Comprobación de la estacionariedad en media de ambas series	32
a. Serie “precios del gas natural”	33
b. Comprobación del modelo ARMA (1,1)	34

c. Serie “precios del barril de petróleo”	37
d. Comprobación del modelo ARMA (2,1)	37
B. Resultados	40
13. Comprobación de estructura ARCH	40
a. Serie “precios del barril de petróleo”	41
b. Serie “precios del gas natural”	42
14. Corrección de valores atípicos e intervención	43
a. Serie “precios del barril de petróleo”	44
b. Serie “precios del gas natural”	48
15. Estudio de cointegración entre ambas series	51
a. Engle-Granger	51
b. Johansen	54
16. Modelos de vector autoregresivos (VAR)	55
a. Ecuación 1.1: precios del petróleo	56
b. Ecuación 2.1: precios del gas natural	57
c. Gráficos de impulsos	57
17. VAR en primeras diferencias	59
a. Ecuación 1.2: precios del petróleo I(1)	60
b. Ecuación 2.2: precios del gas natural I(1)	60
c. Gráficos de impulsos	61
18. Predicción estática y dinámica	62
a. Serie “precios del petróleo”	63
b. Serie “precios del gas”	65
19. Predicción por modelos	66
a. Serie “precios del gas”	67
b. Serie “precios del petróleo”	68
20. Conclusión	71
21. Bibliografía	72
22. Anexos	73
23. Notas	75

1. Introducción

La serie principal en la que se centra el estudio econométrico, son los precios de la primera compra del petróleo WTI. La primera compra consiste en la compra de crudo por parte de un agente, directamente al extractor de la materia prima (proveedor), mediante un contrato bilateral. Al realizarse compras de elevado volumen se suelen conseguir descuentos o primas al transmitir el crudo.

El objetivo principal de este trabajo consiste en estudiar por un lado, los determinantes de las variaciones y trayectoria de la serie en cuestión y por otro, el estudio de una serie aparte que tenga relación con la principal. La serie secundaria de estudio serán los precios del gas citygate, que surge al transmitirse el gas desde las compañías productoras a las distribuidoras. Tras un análisis semejante al de la serie principal, realizaré un test de cointegración para determinar si ambas series se mueven en sintonía o no.

Si bien ambas series presentan diferencias claras, también poseen muchos aspectos en común que las hace muy cercanas. Por ejemplo el gas y el petróleo suelen estar asociados en el momento de su extracción, ambos se utilizan para obtener energía y son de vital importancia en el día a día tanto para Estados, empresas como individuos.

El interés de este estudio radica principalmente en la relevancia económica de estas dos materias primas (gas y petróleo) y sobretodo en analizar el efecto conjunto que puedan tener ambas variables. Con el estudio de cointegración podemos analizar si estas dos variables poseen una estructura dinámica a largo plazo o de rechazarse esta hipótesis analizaríamos la dinámica a corto plazo a través de modelos VAR, modelizando el impacto de una variable sobre la otra.

Es por esto que el determinar la relación entre estas dos series, en principio muy próximas, podría inferirnos pistas acerca de que influencia posee una serie sobre la otra, en que espectro temporal y su cuantificación estadística.

2. Justificante del tema

El petróleo es la principal fuente de energía del mundo, especialmente de los países desarrollados, juega un papel fundamental en el día a día tanto de individuos como de industrias y hace poco tiempo adquirió, junto al gas natural, un nuevo papel: las negociaciones en forma de futuros, cotizados en mercados oficiales que los hace más dinámicos y volátiles.

Si bien el petróleo y el gas presentan multitud de puntos negativos como pueden ser: la dependencia de países poseedores de este recurso, el ser bienes no renovable, las emisiones de CO₂ que causan sus derivados, entre muchos otros, también es cierto que este “oro negro” junto al gas natural son el motor del mundo por el cual crecemos y nos desarrollamos. Es por esto que el petróleo y el gas son insustituibles en la actualidad y generan una gran dependencia económica, tanto de individuos y empresas como de los propios Estados. De ahí el interés por estudiar el comportamiento de sus precios y como interactúan entre ellos.

Por otro lado los precios del petróleo han experimentado fuertes vaivenes en sus cotizaciones, esto se debe a multitud de factores relacionados de carácter geopolíticos, económicos, coyunturales y sociales. Por el lado de los precios del gas, no se aprecian tantas oscilaciones y fluctuaciones en su serie, sin embargo es patente que en la primera década del siglo XXI la serie experimenta altibajos anormales dada la tendencia de los años anteriores.

Por tanto el realizar un estudio individual de cada serie nos permitirá conocer como son las estructuras y comportamiento tanto del precio del gas como del barril de petróleo, y una vez entendidas dichas estructuras procederemos al interés principal de este trabajo, conocer el comportamiento conjunto de ambas variables.

3. Obtención de datos

Los datos de los precios del barril de petróleo y del gas natural fueron extraídos de la página de la Administración de información Energética de los Estados Unidos, conocida popularmente por sus siglas en inglés EIA (Energy Information Administration). Dicho organismo depende directamente del Departamento de Energía de los Estado Unidos, por lo que es un organismo público. En la página se pueden encontrar datos de distintas fuentes de energía y al igual que en otras páginas se puede cambiar la periodicidad de los datos. Se puede acceder al sitio web (totalmente en inglés) desde este [link](#).

4. Estructura de los datos

Los datos tanto de los precios del petróleo como de los precios del gas tienen la misma periodicidad, son datos mensuales. Por otro lado la longitud de las series temporales también coincide, yendo desde octubre de 1983 hasta enero de 2017 en el caso del barril

de petróleo y gas natural. Esto nos da una muestra de más de 33 años, pero al ser datos mensuales nos encontramos con 400 observaciones en cada muestra.

Ambas series son relativamente similares hasta el año 2000, pudiendo observarse una gran estabilidad en los precios de ambas materias primas. Sin embargo tras el comienzo del siglo XXI ambas series comienzan a fluctuar de distinta manera, salvo el comienzo de la crisis financiera en donde se aprecia un punto disruptivo en las dos series por la estrepitosa caída en los niveles de los precios.

A continuación realizaré los estudios y análisis de ambas series, donde se diferenciarán independientemente ambas series. Se podrá referir a los precios del barril de petróleo como petróleo, precios del petróleo, precios del barril o semejantes, y se podrá referir a los precios del gas natural como gas, precios del gas o semejantes a lo largo de este trabajo.

A. Metodología

5. Gráficos de las series temporales

a. Serie “precio del barril de petróleo”

Primeramente analizaré la serie de los precios del barril de petróleo con el fin de estudiar los factores que causan las fluctuaciones y vaivenes en el nivel de precios de la serie. Para ello asociaré noticias extraídas de los principales periódicos (sobre todo del Daily Mail) a sucesos vistos en la serie, indicándolas con un número que permita visualizar e indicar exactamente el suceso ocurrido en el gráfico de la serie temporal.

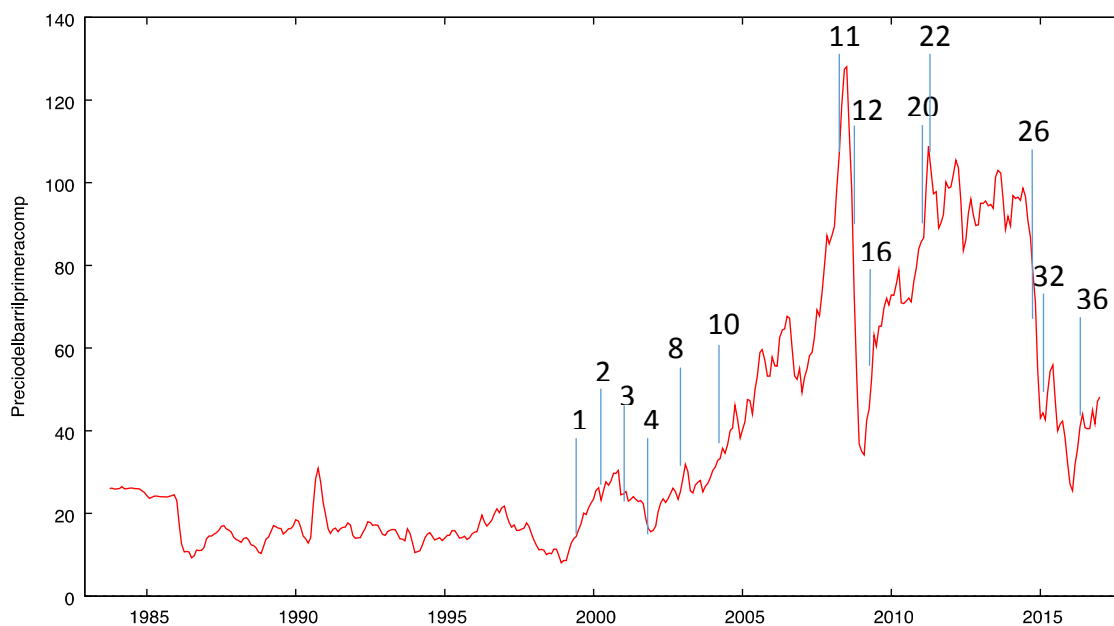


Gráfico 1: serie en niveles de los precios del petróleo

Como se puede observar desde 1983 hasta el año 2000 aproximadamente, no se aprecian grandes fluctuaciones ni tendencias. Sin embargo desde ese año los precios del barril del petróleo comienzan una senda de inestabilidades e intensas fluctuaciones.

Desde 1999 hasta 2008 vemos una senda alcista a tal punto que la serie toca su máximo a mediados de 2008. Inmediatamente a esta fecha se inicia un proceso de gran caída que dura hasta principios de 2009, tras el cual se inicia nuevamente un proceso alcista hasta mediados de 2011.

Por último desde 2011 hasta 2014 se aprecia una etapa de fuertes inestabilidades pero sin una tendencia clara, hecho que da comienzo a un fuerte descenso hasta principios de 2016 para luego crecer débilmente hasta la fecha de hoy.

En cuanto a la media de la serie, podemos decir que se sitúa en los 38,047 dólares y una mediana de 24,855 dólares. El valor mínimo es de 8,03 dólares por barril de petróleo en diciembre de 1998 y el valor máximo se sitúa en 128,08 dólares por barril en julio del 2008. El resto de factores descritos en los estadísticos principales se pueden ver en el (anexo 1).

Con lo visto hasta ahora podemos afirmar que no estamos ante un proceso estable y que no se aprecia una tendencia clara, más bien vemos periodos alcistas, bajistas y estables a lo largo de toda la serie.

b. Hechos relacionados con la serie “precios del barril”

A continuación desarrollaré un estudio detallado de todos los factores relevantes que afecten a la serie de interés. Para ello buscare en las bases históricas de periódicos, con el fin de encontrar noticias que vinculen los principales sucesos relacionados con el petróleo y el efecto apreciado en la serie. Este estudio se realiza principalmente para el siglo XXI ya que esta serie gozaba de relativa estabilidad antes del año 2000.

Las noticias fueron extraídas casi en su totalidad del portal y periódico británico [Daily Mail](#), y en menor medida de los periódicos españoles [El Mundo](#) y [El País](#).

A continuación enumeraré las principales noticias que influyen en la serie principal “precios del barril de petróleo” por orden cronológico, de esta manera se puede visualizar fácilmente en el gráfico de la serie temporal estudiada.

1) 22 marzo 1999

Podemos observar como un aumento acusado de los precios comienza a apreciarse en los primeros meses de 1999. Este hecho está relacionado con un acuerdo entre los países productores de petróleo, en el cual establecen recortes en la producción de crudo con el fin de afrontar los excedentes de oferta.

Los miembros de los países productores de petróleo junto a otros como Rusia, México y Omán, establecieron en un acuerdo en La Haya, un recorte de la producción de la preciada materia prima, de dos millones de barriles diarios.

2) 28 marzo 2000

Tras meses de intensas subidas en los precios del crudo, comienza un proceso de estabilización a mediados del año 2000. Esto se dio gracias al aumento en la producción de la OPEP y los productores del Golfo, en parte presionados por EE.UU. para exceder los 23 millones de barriles diarios acordados en marzo de ese año. EE.UU. presionó a estos países amenazando de un aumento interno de la producción con recursos petrolíferos estratégicos.

3) 27 junio 2001

La desaceleración económica de EE.UU. a principios de siglo, provocó por un lado el descenso de la demanda mundial de petróleo y por otro el descenso en la demanda de los futuros del mismo. Sin embargo este descenso en los valores del crudo se vio doblemente incrementado por el empeño americano en aumentar la producción interna de esta materia prima, así en tan solo dos años aumento la producción diaria en 2 millones de barriles (hasta los 17,4 millones de barriles diarios).

4) 12 noviembre 2001

No es casualidad el descenso pronunciado en los precios del crudo justo después del famoso y dramático atentado aquel 11 de septiembre, y es que tras este día una enorme ola de desconfianza se apoderó del mundo potenciando la crisis económica mundial. Tras este fenómeno se demandó menos petróleo por lo que los excedentes no tardaron en surgir y por ende se produjo un pronunciado descenso en sus precios.

A todo esto debemos incorporar el efecto que supuso la desvinculación de algunos socios comerciales, como fueron Rusia y México, de la OPEP. Estos países incrementaron la producción de petróleo con el fin de mejorar la situación económica mundial, lo cual redujo aún más los precios.

5) 27 diciembre 2001

Tras el breve descenso en los precios del petróleo a finales de 2001, se observa un repunte en los mismos, esto es así ya que los países productores decidieron recortar los excedentes mundiales tras la crisis económica. Dicho recorte en la producción de crudo no solo se materializó por parte de la OPEP, otros productores como Rusia y México que pocos meses antes decidieron aumentar su producción, se afiliaron a la idea de los recortes, lo cual repercutió en alzas en los precios de los combustibles adicionales.

6) 15 marzo 2002

El temor por una guerra en Irak (fuerte productor de petróleo) incrementó fuertemente los precios del crudo en un lapso corto de tiempo, a esto hay que sumarle los recortes de producción perpetuados por la OPEP.

7) 6 septiembre 2002

Los precios del petróleo continúan su escalada por las fuertes inestabilidades políticas en la región oriental de Israel, Palestina e Irak. Las fuertes amenazas de guerra contra Irak (fuerte productor de petróleo en la zona) incrementa los precios del crudo a máximos anuales.

8) 13 enero 2003

La OPEP acuerda aumentar la producción de petróleo en febrero de 2003 en 1,5 millones de barriles diarios para evitar la suba en los precios tras las huelgas en Venezuela.

9) 8 octubre 2003

La OPEP busca recortar la producción de petróleo en países no miembros de la organización, como son Rusia o México para evitar un exceso de producción.

10) 1 abril 2004

La OPEP continua su senda de recortes en la producción de crudo, reduciendo nuevamente un 4% la producción y haciendo inevitablemente que los precios se incrementen. La OPEP acordó reducir la producción en 1 millón de barriles diarios y aunque algunos de los miembros sugirieron tomar medidas para bajar los precios, la dinámica alcista continuó su trayectoria.

11) 16 abril 2008

Los precios del petróleo continúan una importante senda alcista, esto se debe a varios factores políticos y macroeconómicos que condicionan fuertemente el nivel de producción y precios del crudo.

Por un lado el empeño sistemático de la OPEP por contener la producción de petróleo hace estragos en las fuertes subas del mismo, sin embargo a este fenómeno hay que sumarle el del debilitamiento del dólar (moneda en la que se negocia esta materia prima) y el crecimiento en la demanda mundial, encabezada por el fuerte crecimiento económico de China.

12) 10 septiembre 2008

Los precios del petróleo se precipitan tras años de intensas subidas, este fenómeno se explica por el fuerte debilitamiento de las economías y las olas de preocupación y desconfianza que reducen implacablemente el consumo de crudo.

Tras este notorio descenso en los precios del petróleo, la OPEP acordó reducir la producción en 520 mil barriles diarios con el fin de mantener los precios en torno a 100 dólares.

13) 22 octubre 2008

A pesar de los avisos por parte de la OPEP de reducciones en la producción de petróleo, el precio del crudo encaminó a la baja tras la fuerte recesión que azota duramente a todas las economías a nivel mundial. Por si fuera poco, Rusia, uno de los mayores productores de petróleo a nivel mundial anunció que no disminuiría la producción interna.

14) 15 diciembre 2008

Tras el drástico derrumbe en los precios del petróleo, la OPEP decide hacer un recorte histórico y contundente en su producción. Reduciendo en 2 millones de barriles la producción diaria, lo cual supone un recorte del 7,3% de la producción.

15) 2000 a 2008

Según la SEC (comisión de valores de EE.UU.) en el período 2005-2007, el volumen de futuros petrolíferos pasaron de 1,7 billones de dólares a 8 billones. En sintonía con la escalada en volumen y precio de los futuros, podemos observar un paulatino incremento en los precios del crudo.

Llegados a este punto cabe preguntarse cuáles son los motivos de los vaivenes en el precio del petróleo y por ende de sus futuros. La respuesta a esta pregunta tiene dos vías, una basada en factores de oferta y demanda y la otra en factores especulativos. De hecho la Commodity Futures Trading Commission (CFTC) afirmó en un informe del 2008, que a principios del 2000 un 37% de los contratos sobre el petróleo cotizados en Nueva York estaban en manos especulativas, y en 2008 este porcentaje ascendía hasta un 71%. Este dato muestra la gran escalada en la especulación sobre el petróleo en los últimos años, lo cual lo hace más susceptible de sufrir una mayor volatilidad y altos precios.

Claro está que el componente especulativo no es el único responsable de la escalada en los precios del crudo, de hecho otros factores como: el aumento de la inflación hasta la última crisis económica, el debilitamiento del dólar americano, las profundas crisis de países extractores de petróleo (Nigeria, Irán, Irak, Venezuela), entre otros factores afectan en el volumen y precio del preciado “oro negro”.

16) 14 agosto 2009

Tras el hundimiento de los precios del petróleo tras el comienzo de la crisis financiera, se observa un repunte en los mismos debido a brotes de confianza inspirados por EE.UU.. Esto es así ya que todo parecía indicar la pronta recuperación de la mayor economía mundial (y el mayor consumidor de crudo), a su vez la reserva federal mantuvo los tipos de interés muy bajos con el fin de estimular y estabilizar la economía.

Todo esto y otros mensajes como el de Barclays Capital: “Estamos pronosticando un repunte de la demanda mundial de petróleo a partir del segundo trimestre al cuarto trimestre”, crearon un clima de confianza entre los inversores y productores de petróleo.

17) 9 septiembre 2009

Otro factor que incentivó el aumento en los precios del petróleo fue el debilitamiento del dólar, este fenómeno macroeconómico hizo que muchos agentes inversores de esta moneda se reconvirtan invirtiendo en materias primas (oro, petróleo, plata, etc.), lo cual ayudó a incrementar aun más los precios del crudo.

18) 5 enero 2011

Tras fuertes alzas en los precios del petróleo tras la lenta pero constante recuperación económica de EE.UU., la agencia internacional de energía advierte que los principales productores de crudo deberían incrementar la producción con el fin de bajar los precios, de este modo no se perjudicaría la débil recuperación económica.

19) 17 febrero 2011

Escalada en los precios del petróleo tras amenazas de interrupción del suministro en Oriente Medio. Esta amenaza surge de un conflicto entre Irán (fuerte productor de petróleo) y Siria.

20) 24 febrero 2011

Tras el agravamiento de los conflictos en Medio Oriente, en especial de las revueltas en Libia, ha llevado a muchos grupos petroleros a paralizar la producción en este país. Este hecho ha reducido la oferta mundial de crudo con el consecuente aumento en su precio.

21) 14 marzo 2011

Tras largos periodos de subidas en los precios del petróleo, caen inesperadamente ante el devastador terremoto y tsunami producidos en Japón. Esto es así ya que se espera una fuerte desaceleración económica en el país tras la destrucción de varias industrias y por ende un menor consumo de crudo.

22) 23 junio 2011

Los precios del petróleo vuelven a caer en torno a un 6% tras las noticias de la Agencia Internacional de Energía comunicase la liberación de 60 millones de barriles de crudo al mercado en los siguientes 30 días para remediar la problemática de Libia. Esta aportación extra procede de reservas estadounidenses para aliviar los suministros de petróleo a nivel mundial y controlar los precios.

23) 12 febrero 2014

El precio del petróleo vuelve a subir tras las expectativas de escasez del mismo, los costes de importación de China (segundo importador de esta materia prima) y al crudo invierno vivido en EE.UU. que aumento en un 5% el consumo energético para calentar los hogares.

24) 29 mayo 2014

Los precios del petróleo descienden ligeramente tras el informe por parte de EE.UU. del incremento en las reservas de crudo. Las reservas de este país se incrementaron en 3,5 millones de barriles.

25) 9 septiembre 2014

Caída en los precios del petróleo tras normalizarse la situación político económica en Libia, continuando las labores de extracción de petróleo y abriendo varias líneas de exportación. Según el Oil Corp Nacional la producción de barriles aumentó en 725 mil unidades por día, aumentando considerablemente la oferta mundial de crudo.

26) 10 septiembre 2014

El aumento de la producción de crudo por parte de EE.UU., que reemplaza importaciones de petróleo por autoabastecimiento y el aumento de la producción por parte de la OPEP, han incrementado la oferta mundial y por ende los precios se han visto minorados.

27) 15 septiembre 2014

El precio del crudo continua su senda bajista tras los excedentes mundiales de producción. Unidos a este factor la desaceleración económica de China, segunda potencia económica mundial, contribuyó a una reducción en la demanda de petróleo reduciendo aun más los precios.

28) 17 septiembre 2014

Nueva caída en los precio del petróleo como consecuencia de un comunicado por parte de la EIA que informa sobre el aumento de las reservas estadounidenses de esta materia prima.

29) 22 septiembre 2014

Nuevamente los excedentes en las reservas de petróleo de EE.UU. hacen caer los precios de este, además la ralentización en la economía China reduce fuertemente las expectativas de demanda, lo cual reduce el precio del crudo.

30) 5 enero 2015

Los precios del petróleo rompen la barrera psicológica de los 50 dólares, este gran descenso prolongado desde la segunda mitad del 2014 corresponde a una serie de factores: la fortaleza del dólar frente a otras monedas, la reducción de la demanda mundial de crudo como consecuencia de la recesión (principalmente por parte de China y Europa) y el aumento de la producción y reservas por parte de EE.UU., Rusia e Irak.

31) 25 marzo 2015

Se rompe la tendencia bajista en los precios del petróleo tras inestabilidades políticas en Yemen. Esta inestabilidad en el país podría amenazar a las demás economías de Oriente y por ende a la producción de crudo.

32) 15 abril 2015

Los precios del petróleo suben como consecuencia de una reducción de las reservas de crudo de EE.UU..

33) 6 mayo 2015

Más subidas en los precios del crudo, las reservas de EE.UU. continúan disminuyendo, hecho que implica menos oferta y mayores precios. Otro factor que contribuye a las subidas es el debilitamiento del dólar como consecuencia de los malos datos macroeconómicos del país.

34) 11 marzo 2016

Los precios del petróleo tocan fondo al encontrarse a niveles extremadamente bajos, esto influye fuertemente en la producción de crudo ya que para muchas plataformas petrolíferas extraer petróleo a estos precios es imposible. Es por esto que muchos productores de petróleo (sobre todo en EE.UU.) tienen que dejar de producir para no incurrir en pérdidas, lo que reduce la oferta e incrementa los precios.

35) 29 abril 2016

Los precios del petróleo aumentan como consecuencia de la debilidad del dólar y la fuerte reducción en la producción de crudo en este país.

36) 16 enero 2017

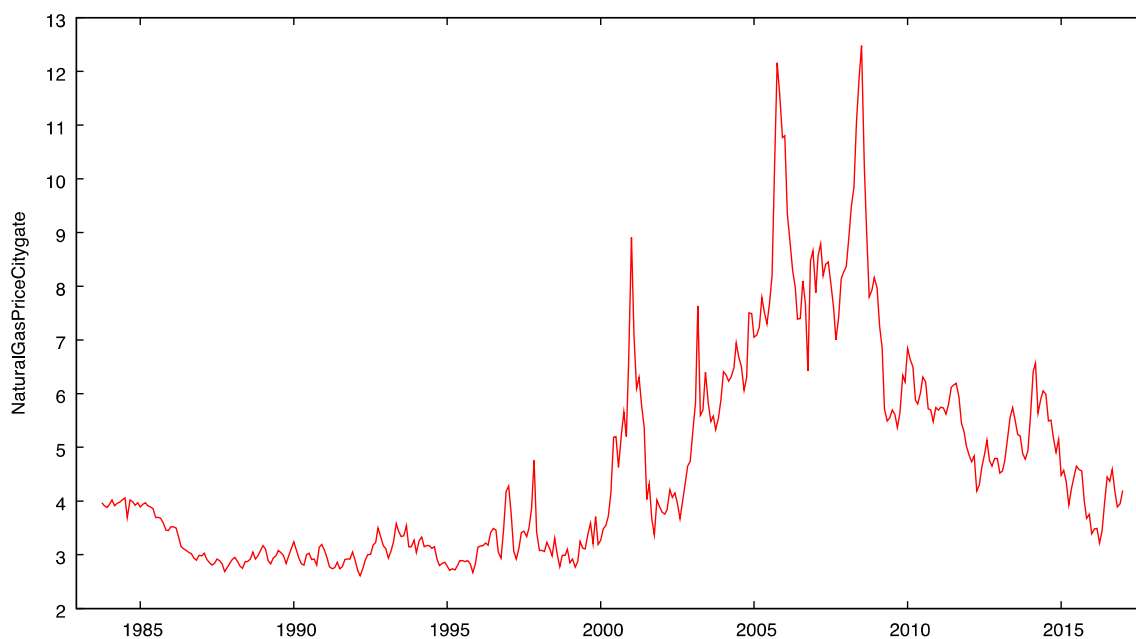
La debilidad del dólar americano y el anuncio por parte de la OPEP de reducir la producción de crudo con el fin de minimizar la oferta mundial, hacen que los precios suban levemente. La OPEP anunció un recorte de 1,2 millones de barriles diarios.

c. Serie “precios del gas natural”

En la serie de precios del gas natural, podemos observar un comportamiento similar hasta el año 2000 respecto al petróleo, exceptuando el nivel de la serie que es bastante más bajo en este caso. A principios del nuevo siglo vemos un pico que muestra una intensa subida y bajada en el precio del gas que dura aproximadamente un año y medio.

Desde 2002 hasta 2005 observamos un proceso alcista (aunque con algunos altibajos) que se rompe con un descenso intenso en los precios de aproximadamente un año, hasta finales de 2006. Tras este punto retoma la senda alcista en los precios hasta mediados de 2008 (al igual que en la serie “precios del petróleo”) donde cae estrepitosamente el nivel de la serie.

La principal diferencia respecto a la serie “precios del barril de petróleo” es que tras el descenso del 2008, el precio del gas continua una senda bajista hasta la actualidad.



En cuanto a estadísticos principales se refiere, esta serie tiene una media de 4,6433 dólares y una mediana de 3,935 dólares por pie cúbico, lo cual muestra que el nivel de esta serie es sustancialmente menor a la del petróleo. En cuanto al valor mínimo observamos que es igual a 2,61 dólares por pie cúbico en marzo de 1992, el valor máximo igual a 12,48 dólares por pie cúbico se sitúa en julio de 2008. En estos datos hay dos hechos relevantes de principal interés, el primero es que la serie de los precios del crudo

tiene un valor máximo 15,95 veces mayor a sus valor mínimo, en cambio la serie de los precios del gas posee un valor máximo solo 4,78 veces mayor que su observación mínima. Esto nos indica que los precios del barril de petróleo crecieron bastante más respecto a los del gas. El otro aspecto interesante es que para ambas series su valor máximo se sitúa en julio de 2008, lo cual indica el fuerte efecto que tuvo la crisis sobre la dinámica y estructura de ambas series.

Por tratarse de una serie secundaria en este estudio y para no extender demasiado el estudio de esta serie, analizaré los principales sucesos relacionados con esta serie únicamente en la sección de valores atípicos.

Se puede ver todos los estadísticos principales de esta serie en el (anexo 2).

6. Gráfico Q-Q

El gráfico Q-Q compara una normal (0,1) con la serie, en este caso los precios del gas natural y los precios del barril de petróleo. La normal se muestra como una recta de 45° (en color azul) mientras que la serie de estudio (en color rojo) se muestra en torno a la normal, permitiendo comparar dichos procesos para determinar las similitudes o discrepancias existentes.

a. Serie “precios del gas natural”

En este caso vemos que la serie de interés (precios del gas natural) dista mucho de ser una normal, esto se aprecia por como deambula la serie respecto a la recta de 45° lo cual da indicios de no normalidad.

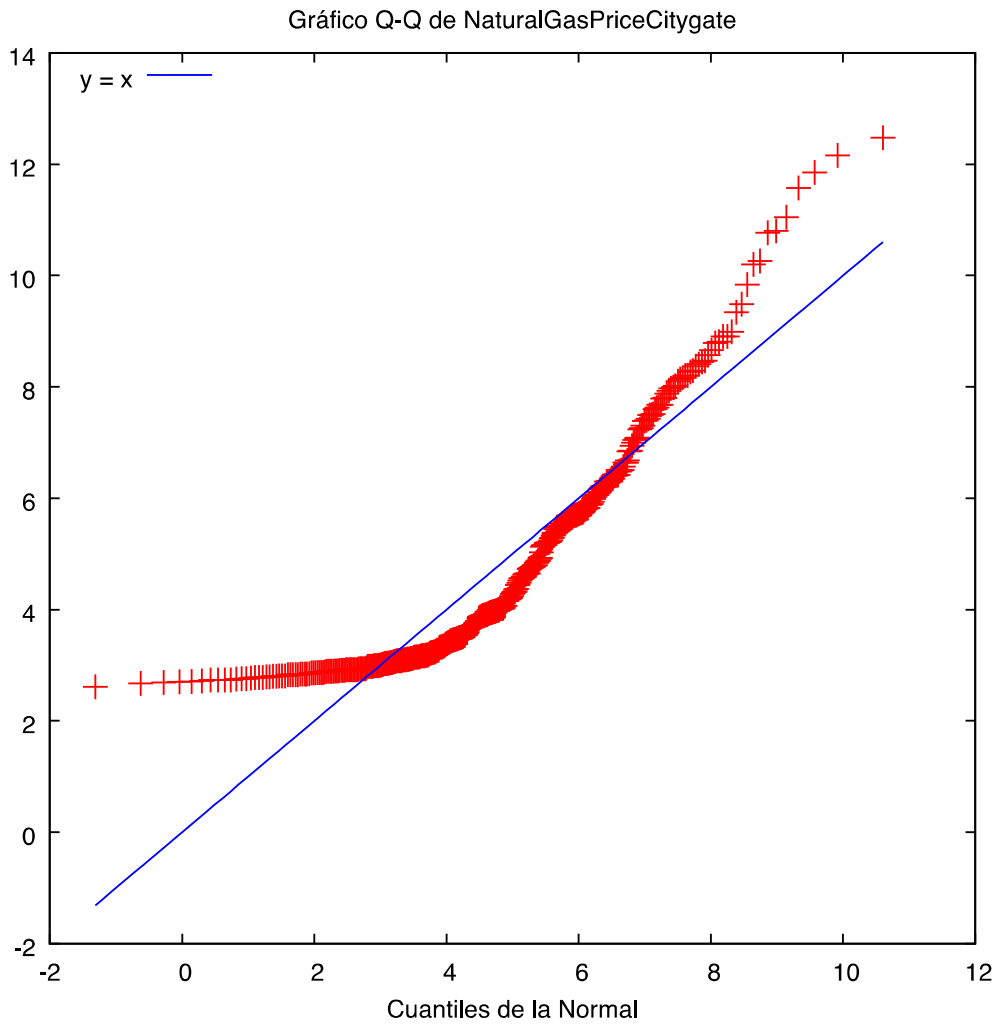


Gráfico 3: gráfico Q-Q de la serie precios del gas natural

b. Serie “precios del barril de petróleo”

Al igual que el gráfico Q-Q anterior, en el caso de los precios del barril de petróleo observamos que la serie dista mucho de la normal que se representa con una recta de 45°.

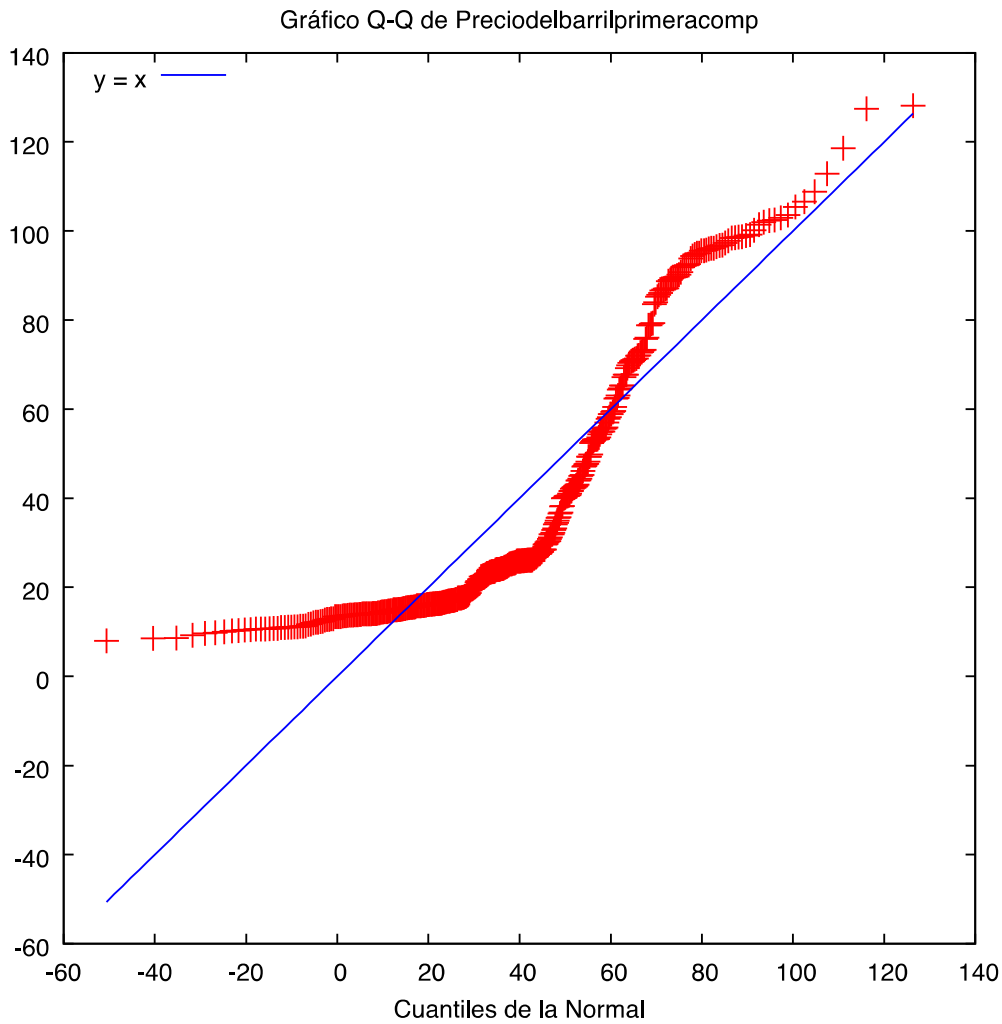


Gráfico 4: gráfico Q-Q de la serie precios del petróleo

Comparando ambos estudios, tanto el del petróleo como el del gas, vemos semejanzas en cuanto a las discrepancias respecto a una normal. De hecho exceptuando el nivel de las series, que como hemos visto anteriormente es ampliamente mayor en el caso de los precios del barril de petróleo, la dinámica y comparativa respecto a una normal es casi idéntica en ambos casos.

7. Gráfico de normalidad

El gráfico de normalidad es otra prueba para contrastar si las series se acercan a una normal o no. Para ello compara la serie con una campana de Gauss y realiza un contraste de normalidad, que nos permite obtener conclusiones estadísticamente significativas y por ende más razonables que un simple análisis visual.

a. Serie “precios del gas natural”

En este caso, en sintonía con el estudio Q-Q anterior, la serie dista mucha de seguir una distribución normal. A esto hay que sumarle el contraste de normalidad que rechaza rotundamente la hipótesis de normalidad en la serie, con un P-valor igual a 0.

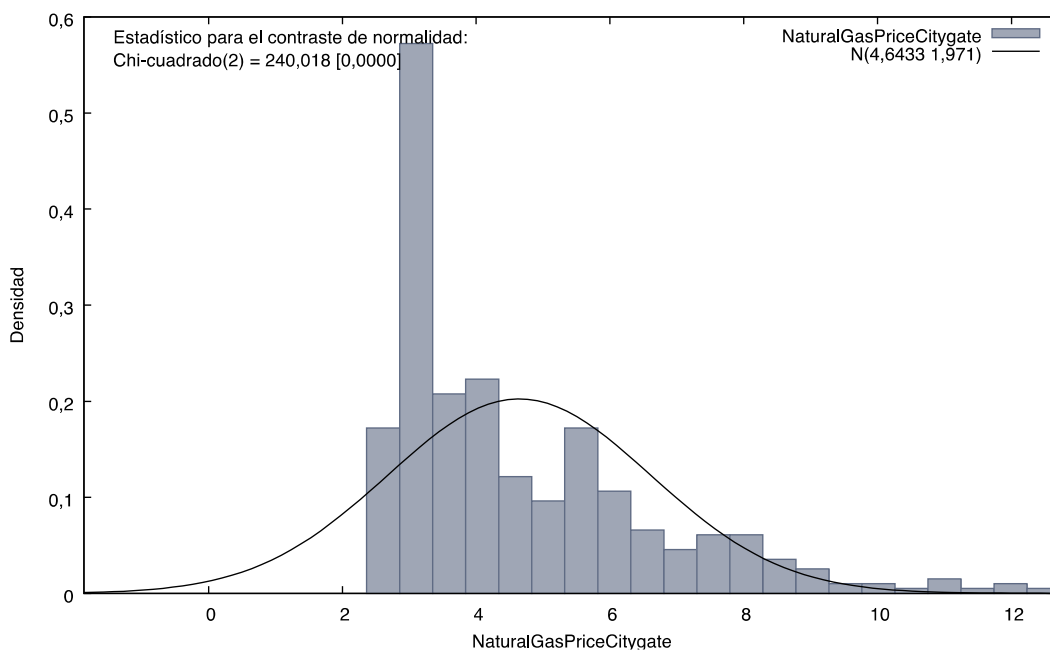


Gráfico 5: gráfico de normalidad de la serie precios del gas natural

Vemos que las frecuencias no son homogéneas y simétricas, por la cola derecha se observan mayores similitudes con un proceso normal. Sin embargo la cola izquierda de la distribución rompe cualquier similitud con una campana de Gauss, ya que el extremo izquierdo no posee frecuencias y en el centro las barras son muy altas, mostrando una densidad excesiva respecto a una normal.

b. Serie “precios del barril de petróleo”

Para esta serie también observamos una gran discrepancia de la distribución de la serie respecto a una campana de Gauss, nuevamente el contraste de normalidad se rechaza rotundamente con un P-valor igual a 0.

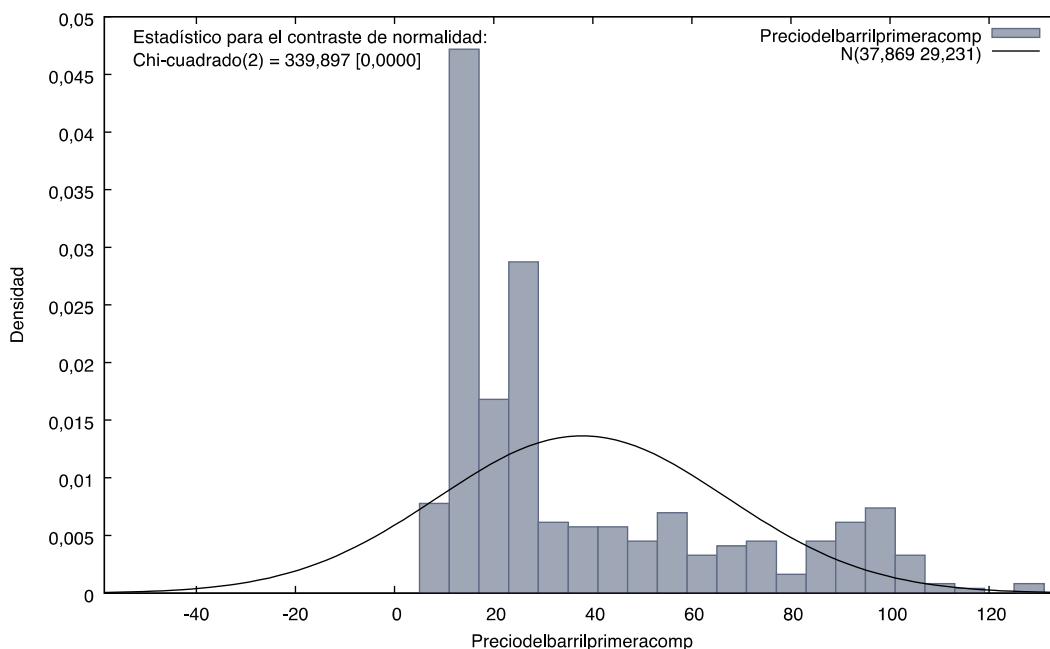


Gráfico 6: gráfico de normalidad de la serie precios del gas natural

En el caso de los precios del petróleo vemos una distribución parecida respecto al precio del gas, con una cola izquierda inexistente y fuertes densidades en el centro izquierdo. Por el lado derecho esta serie se aleja aun más de una distribución normal, observando valores muy altos en la cola derecha.

Claramente ambas series discrepan significativamente de una distribución normal, esto fue intuido por el gráfico Q-Q y corroborado por los gráficos de distribución normal y los contrastes.

El objetivo de este estudio no es el de conocer las discrepancias de las series respecto a una normal, sino el hecho de estudiar la forma de los datos y si ambas series tienen un comportamiento similar o no en este ámbito. Como hemos visto anteriormente, ambas series rechazan el contraste de normalidad pero poseen un comportamiento similar en sus distribuciones, lo que nos indica que poseen distribuciones parecidas.

8. Gráfico rango-media

El gráfico rango-media nos muestra en un eje el rango, es decir la variabilidad de la muestra, y en el otro la media, es decir el nivel de la serie. El objetivo de este gráfico es mostrarnos el tipo de relación que existe entre ambas variables, para ello se realiza una simple regresión donde la variable dependiente es el rango y el regresor la media:

Serie (1) $Rango = \Theta + \Phi media + u$

De esta manera si rechazamos la H_0 de que $\Phi=0$ en la serie 1, existirá entre ambas variables relación y para corregir este conflicto tendremos que aplicar logaritmos en la serie original.

a. Serie “precios del gas natural”

Para el caso de los “precios del gas natural” la hipótesis nula (H_0) de que la pendiente es igual a 0, se rechaza fehacientemente con un P-valor igual a $1,1677e-05$. Esto nos indica que existe una relación entre ambas variables y por ende nos infiere la utilización de logaritmos sobre la serie original con el fin de tratar la no estacionariedad percibida.

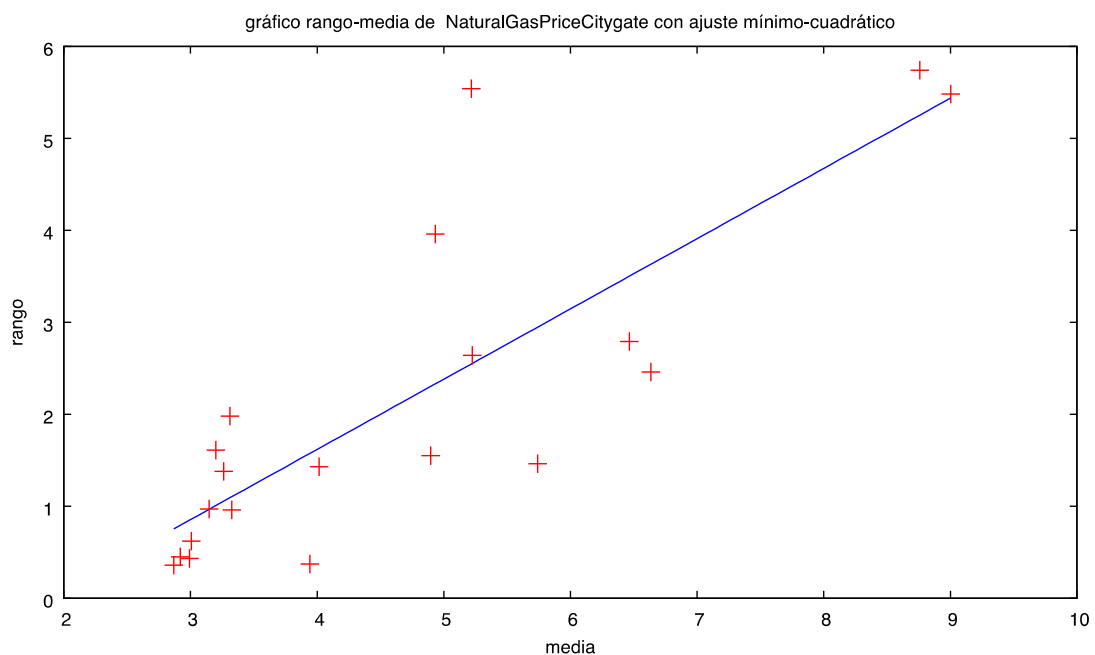


Gráfico 7: gráfico rango-media de la serie precios del gas natural

Como podemos observar en el gráfico rango-media anterior, la relación entre ambas variables es positiva, por ello se visualiza una línea azul con pendiente ascendente indicando esta relación.

b. Serie “precios del barril de petróleo”

En el caso de los “precios del barril de petróleo” sucede algo similar, en el contraste de la pendiente llegamos a la misma conclusión. Rechazamos la hipótesis nula de que la pendiente es igual a cero con un P-valor igual a 0,00128.

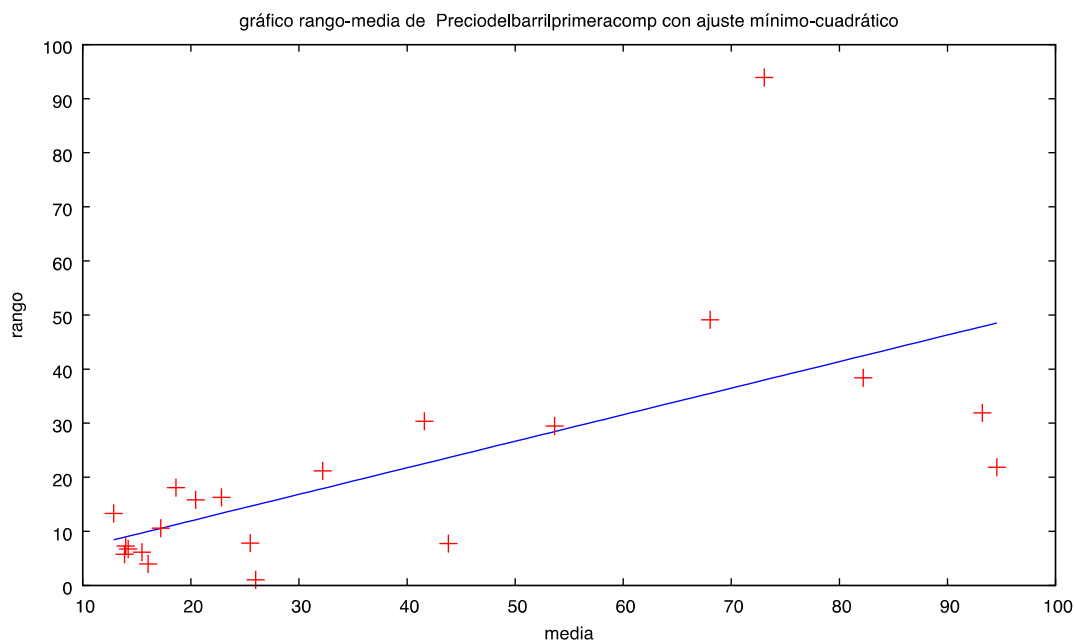


Gráfico 8: gráfico rango-media de la serie precios del petróleo

Esto nos indica que ambas series son no estacionarias, ya que a mayor media mayor dispersión (varianza), por esto deben ser tratadas para corregir esta desviación. Para ello aplicamos logaritmos en ambos casos y resolvemos esta relación rango-media, esto es así ya que dicho instrumento homogeniza los datos de la serie apaciguando esta disyuntiva.

Una vez aplicados logaritmos resolvemos la relación rango-media para el caso del logaritmo de los “precios del petróleo”, en cambio en los “precios del gas natural” la hipótesis nula de que la pendiente es igual a 0 se sigue rechazando, aunque con un P-valor igual a 0,0205 (mucho mayor que antes).

En el caso del logaritmo de “los precios del barril de petróleo” rechazamos la hipótesis nula de que la pendiente es igual a 0, con un P-valor igual a 0,751.

c. Serie “logaritmo del precios del gas natural”

Con el estudio realizado anteriormente llegamos a la conclusión de utilizar logaritmos en ambas series con el fin de corregir la relación rango-media existente. Sin embargo para el caso de los logaritmos de los “precios del gas natural”, aunque no elimina dicha relación si que la minimiza notablemente.

Este hecho se manifiesta al no poder rechazar la hipótesis de pendiente igual a cero, la cual nos indicaría ausencia de relación entre el rango de la serie y su media. Esto no tiene porque ser preocupante ya que no todas las series se corrigen en este paso sino en el de diferenciación de la serie.

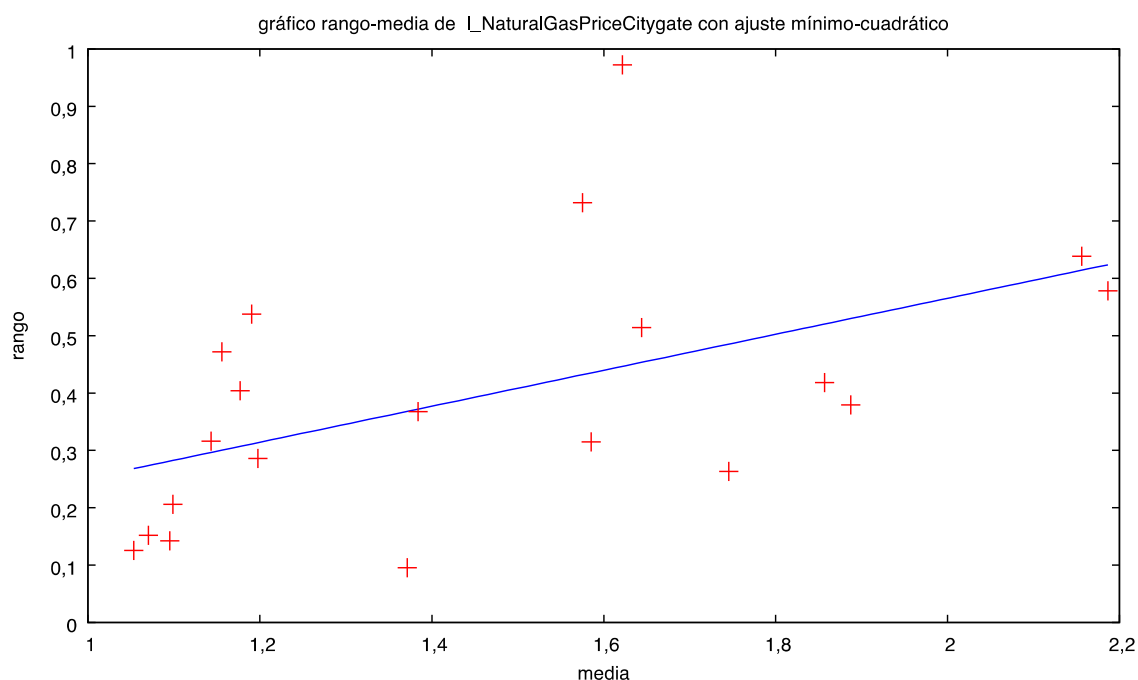


Gráfico 9: gráfico rango-media de la serie logaritmos de los precios del gas natural

En el gráfico anterior se visualiza gráficamente como la pendiente se reduce notablemente, mitigándose notoriamente la relación rango-media existente en la serie “precios del gas natural”.

d. Serie “logaritmo del precio del barril de petróleo”

A diferencia de la serie anterior, para el caso del precio del barril de petróleo transformada usando logaritmos, podemos observar como la línea que intuía relación rango-media desaparece y solo queda una nube de puntos dispersa. En este caso la

utilización de logaritmos permite eliminar la relación existente entre la media y la volatilidad de la serie, corrigiendo esta disyuntiva por completo.

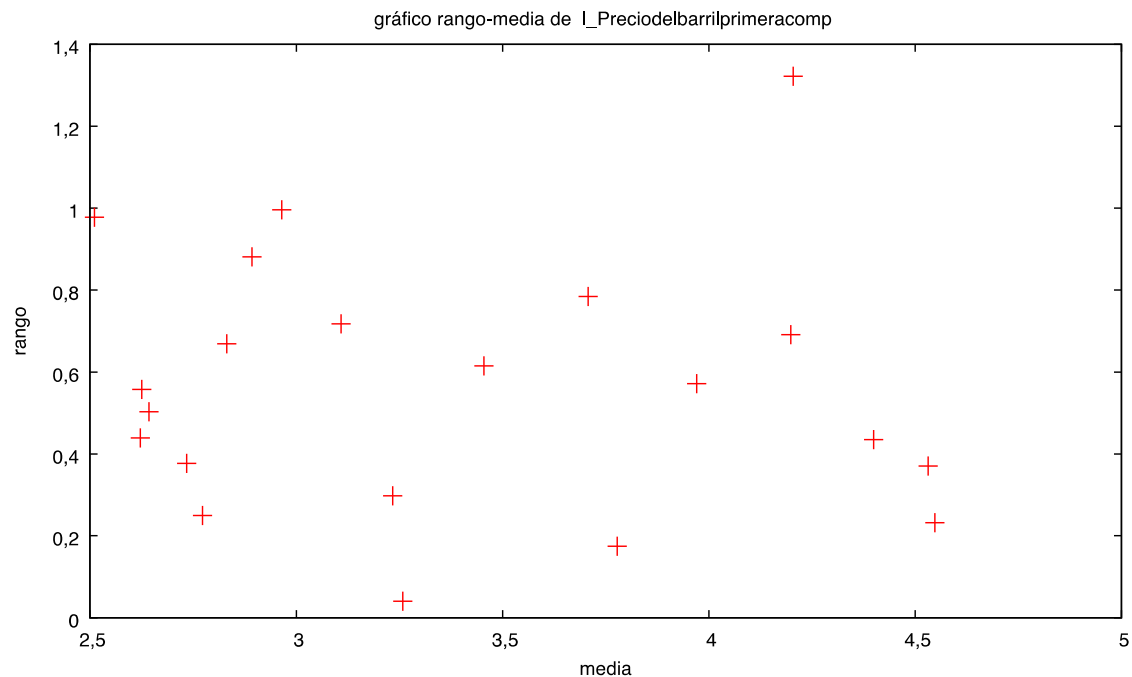


Gráfico 10: gráfico rango-media de la serie logaritmos de los precios del petróleo

Como conclusión la utilización de logaritmos parece la mejor opción para ambas series, por el lado de la serie de los “precios del petróleo” vemos que al utilizar esta herramienta la relación rango-media desaparece lo cual es un claro indicio a favor del logaritmo. Por otro lado, en la serie “precios del gas natural” no sucede lo mismo, sin embargo la utilización de logaritmos es óptima porque minimiza la relación rango-media y va en sintonía con la otra serie transformada.

9. Correlogramas de los logaritmos de ambas series

a. Serie “logaritmos del precios del gas natural”

Al obtener los correlogramas de las series, podemos observar la dinámica y comportamiento tanto de las correlaciones simples como de las parciales. De estos gráficos podemos intuir que proceso desarrolla la serie y si este es estacionario o no.

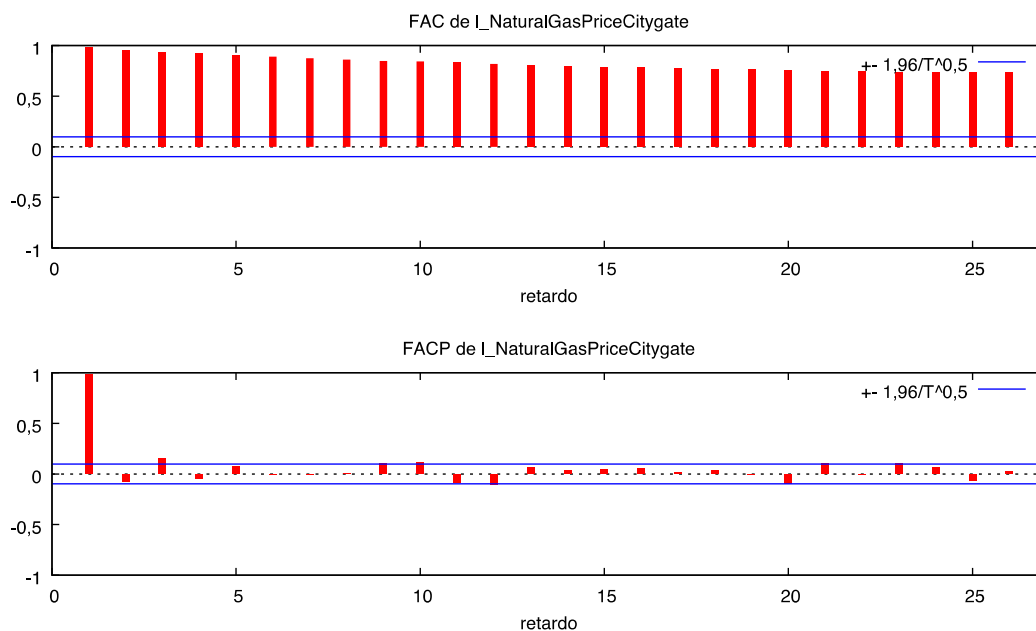


Gráfico 11: correlograma de los logaritmos de los precios del gas natural

En el correlograma de la serie “precios del gas natural” en logaritmos, observamos un decrecimiento en las correlaciones simples continuado pero muy lento, lo cual nos hace dudar de su estacionariedad en media y en varianza. Por el lado de las correlaciones parciales vemos una única correlación ampliamente significativa (la primera), lo cual no nos infiere demasiada información (quizás que estemos ante un AR(1)). Mas adelante se modelizara específicamente el tipo de estructura compatible con esta serie y la siguiente, ya sea mediante una estructura MA, AR o ARMA.

b. Serie “logaritmos del precio del barril de petróleo”

Nuevamente obtenemos el correlograma de los logaritmos de la serie, esta vez de los precios del petróleo, con el fin de estudiar su comportamiento y dinámica. De este estudio podemos intuir indicios acerca de la estacionariedad del proceso y del tipo de modelo que sigue.

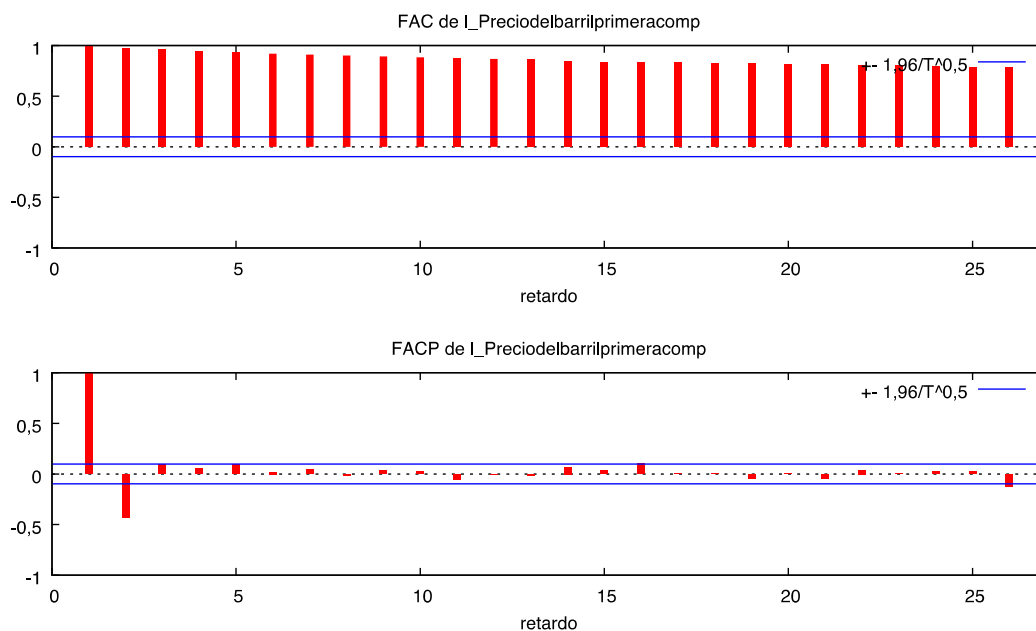


Gráfico 12: correlograma de los logaritmos de los precios del petróleo

Si obtenemos el correlograma del logaritmo de los precios del petróleo, vemos que en las correlaciones parciales las dos primeras observaciones son distintas de 0, lo cual nos incita a pensar que estamos ante un proceso AR(2) o MA(2). Por otro lado en las correlaciones simples vemos un decrecimiento continuado, sin embargo este se desarrolla muy lentamente al igual que la serie anterior. Este hecho junto al del gráfico de la serie, que no muestra muchas oscilaciones en torno a la media nos hace pensar que no estamos ante un proceso estacionario.

Por tanto estos correlogramas podrían indicar dos cosas, la primera es que simplemente nos encontramos ante procesos no estacionarios (por la dinámica de las correlaciones simples) y la segunda es que siendo estacionarios, posean un α muy próximo a la unidad, por lo que requieren muchos retardos en sus correlaciones para acercarse al centro de no significatividad. Probablemente nos encontremos ante procesos no estacionarios ya que el comportamiento de la serie (con pocas intersecciones en la media) unido a la dinámica de los correlogramas parecen intuir esta hipótesis.

10. Contraste de Dickey-Fuller

Realizando un contraste de D-F con el logaritmo de las series, concluiremos que existe al menos una raíz unitaria, y por ende estamos ante un proceso integrado de orden 1 ($I(1)$), si no rechazamos la hipótesis nula (de existencia de al menos una raíz unitaria) en el

contraste de Dickey-Fuller. En este caso deberemos diferenciar la serie cuantas veces sea necesaria para adaptarla en función del grado de integración que le corresponda.

A continuación analizaremos si los modelos a estudiar requieren o no una constante y tendencia, observando la significatividad de sus parámetros estimados. Por otro lado una vez encontrado el modelo que mejor se adapte a cada serie, determinaré si es un proceso integrado de orden 1 y por ende se debe diferenciar.

a. Serie “precios del gas natural”

- Sin constante: obtenemos un P-valor igual a 0,5447 lo cual impide rechazar la hipótesis nula, por lo que estamos al menos ante una raíz unitaria.
- Con constante: obtenemos un P-valor igual a 0,4332 lo cual impide rechazar la hipótesis nula nuevamente y además la constante tampoco es significativa.
- Con constante y tendencia: obtenemos un P-valor igual a 0,4739 lo cual lleva a no rechazar H_0 , en este caso la constante es levemente significativa y la tendencia no es significativa (P-valores = 0,04 y 0,15 respectivamente).
- Con constante, tendencia y tendencia al cuadrado: obtenemos un P-valor igual a 0,5772 lo cual impide rechazar la hipótesis nula, la constante, tendencia y tendencia al cuadrado tampoco son significativas.

b. Serie “precios del barril de petróleo”

- Sin constante: obtenemos un P-valor igual a 0,6592 lo cual impide rechazar la hipótesis nula, por lo que estamos al menos ante una raíz unitaria.
- Con constante: obtenemos un P-valor igual a 0,5032 lo cual impide rechazar la hipótesis nula nuevamente y además la constante tampoco es significativa.
- Con constante y tendencia: obtenemos un P-valor igual a 0,1335 lo cual lleva a no rechazar H_0 , en este caso la constante y la tendencia son levemente significativas (P-valores = 0,06 y 0,11 respectivamente).
- Con constante, tendencia y tendencia al cuadrado: obtenemos un P-valor igual a 0,4646 lo cual impide rechazar la hipótesis nula, la constante es levemente significativa (P-valor = 0,047), y la tendencia y tendencia al cuadrado no son significativas.

El hecho de que ambas series con todas las variantes del modelo (sin constante, con constante, con tendencia y tendencia al cuadrado) sean no significativas, nos hace notar que al menos existe una raíz unitaria. Para ello debemos diferenciar la serie al menos una vez, obteniendo un proceso integrado de orden 1 ($I(1)$).

11. Proceso integrado de orden 2

Para ello diferenciamos una vez ambas series y volvemos a repetir el proceso anterior con el fin de obtener el modelo que mejor se adapte, es decir, comprobando si el modelo requiere o no constante y tendencia, y cuantos retardos de la variable debe incorporar. Por otro lado este estudio nos indicará si realmente nos encontramos ante procesos $I(1)$ o por el contrario si debemos seguir diferenciando y avanzando en ordenes de integración.

a. Serie “precios del gas natural”

- Sin constante: obtenemos un P-valor igual a $3,435e-09$ lo cual permite rechazar ampliamente la hipótesis nula. Esto nos indica que el proceso es integrado de orden 1. Para que el modelo sea adecuado debemos incorporar dos retardos de la variable (primeras diferencias del logaritmo de la serie), ya que estos son significativos.
- Con constante: obtenemos un P-valor igual a $9,186e-08$ lo cual permite rechazar H_0 , sin embargo la constante no es significativa lo que significa que no es apropiada para este modelo.
- Con constante y tendencia: obtenemos un P-valor igual a $9,24e-07$ por lo que rechazamos H_0 . En cuanto a la constante y tendencia, podemos observar que ambas son no significativas lo que indica que no son adecuadas para este modelo.
- Con constante, tendencia y tendencia al cuadrado: obtenemos un P-valor igual a $4,753e-07$ lo cual permite rechazar H_0 nuevamente. La constante, tendencia y tendencia a cuadrado no son significativas, indicando que no son adecuadas para este modelo.

b. Serie “precios del barril de petróleo”

- Sin constante: obtenemos un P-valor igual a $2,26e-22$, lo cual nos impide rechazar la hipótesis nula. Esto nos indica que estamos ante un proceso integrado de orden 1. Para que el modelo sea significativo debemos incorporar 2 retardos (primeras diferencias del logaritmo de la serie), ya que estos son significativos.
- Con constante: obtenemos un P-valor igual a $1,401e-22$ por lo que no rechazamos H_0 , sin embargo la constante no es significativa lo que sugiere que este modelo no es adecuado.
- Con constante y tendencia: obtenemos un P-valor igual a $4,149e-24$, por lo que no rechazamos la hipótesis nula de raíz unitaria. Sin embargo ni la constante ni la tendencia son significativas, indicando que este modelo no es adecuado.
- Con constante, tendencia y tendencia al cuadrado: obtenemos un P-valor igual a $1,703e-187$, por lo que no rechazamos la hipótesis nula de raíz unitaria. Nuevamente la constante, tendencia y tendencia al cuadrado no son significativas por lo que este modelo no resulta adecuado.

Efectivamente en ambas series nos encontramos ante procesos integrados de orden 1, lo cual nos hace notar que debemos diferenciar solo una vez las series con el fin de conseguir la estacionariedad de los procesos. Otro detalle importante es que la estructura óptima para ambas series es sin constante ni tendencias, ya que estas no son estadísticamente significativas.

Nótese que para los P-valor de las ventanas de Gretl se utilizaron 12 retardos. Esto es así dado que la utilización de este número de retardos nos aseguramos que no falta información en el contraste de raíz unitaria. De todos modos utilizando el número de retardos óptimos para ambos modelos (estadísticamente significativos) llegamos a la misma conclusión de procesos $I(1)$.

12. Comprobación de la estacionariedad en media de ambas series

Si las transformaciones aplicadas son idóneas, deberíamos observar una serie de factores que nos indiquen que estamos ante procesos estacionarios en media. Entre estos factores podemos observar el gráfico de la serie transformada, el correlograma de los

residuos del modelo desarrollado en el punto anterior y el gráfico de los residuos. Todo el estudio relacionado con los residuos se obtiene desarrollando un modelo ARIMA con las variables dependientes en logaritmos y diferenciadas una vez.

Antes de proseguir con la comprobación de estacionariedad en ambos modelos, realizaré una comprobación pendiente, el gráfico rango-media de la serie “precios del gas natural”. Y es que anteriormente, aplicando logaritmos, continuaba existiendo relación entre el nivel de la serie y su volatilidad, por tanto ahora que determinamos la utilización de la primera diferencia vamos a contrastar nuevamente la relación entre ambas variables.

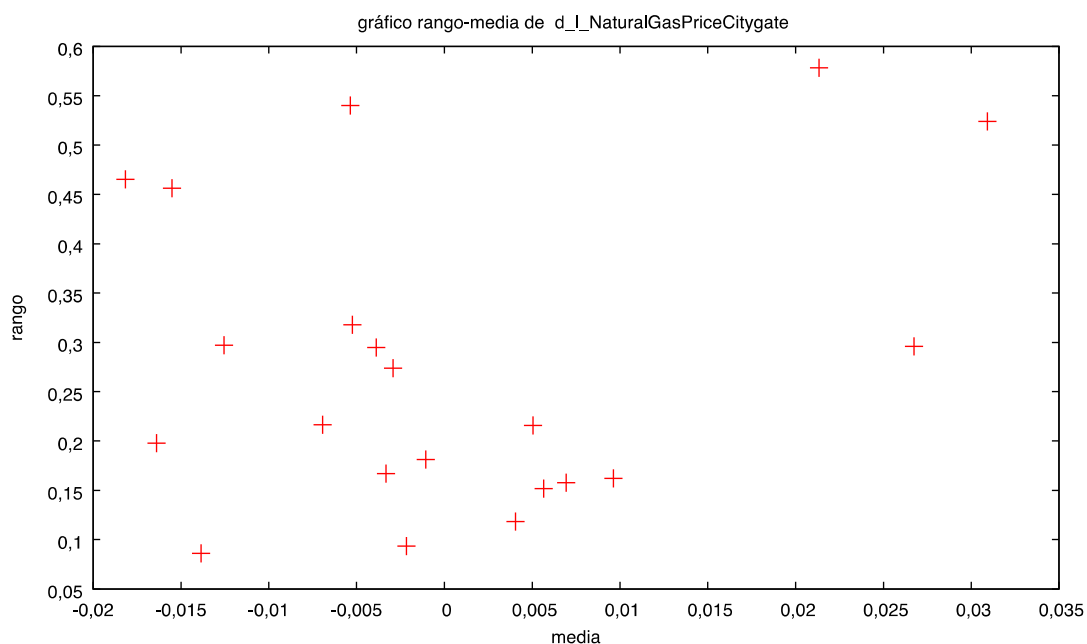


Gráfico 13: gráfico rango-media de los logaritmos en primeras diferencias del gas natural

Como podemos observar en el gráfico anterior, la relación rango-media se mitigó al aplicar primeras diferencias a la serie en logaritmos, a tal punto que la pendiente que asociaba ambas variables desaparece. La hipótesis de ausencia de pendiente, es decir ausencia de relación entre la media y volatilidad de la serie, se corrobora con un P-valor igual a 0,397.

a. Serie “precios del gas natural”

Una vez que hemos llegado a la conclusión de transformar la serie con logaritmos y diferenciándola una vez, debemos buscar el modelo que mejor se adapte a nuestra serie.

Para el caso de las primeras diferencias del logaritmo de los precios del gas natural, se intuyen tres modelos posibles: un MA (2), un ARMA (1,1) y un ARMA (2,2).

Parámetros/modelos	MA (2)	ARMA (1,1)	ARMA (2,2)
P-valor	* y ***	*** y ***	**, ***, * y ***
Schwarz	-915,9258	-911,9532	-907,3852
Akaike	-927,8927	-923,9201	-927,33
Hannan-Quinn	-923,1532	-919,1806	-919,4309

Tabla 1: posibles modelos de la serie precios del gas natural

Observando los criterios de Schwarz, Akaike y Hannan-Quinn todo parece indicar que el modelo idóneo es un MA (2), sin embargo hacer esta afirmación sería demasiado precipitado.

b. Comprobación ARMA (1,1) en serie “precios del gas natural”

En primer lugar analizamos el gráfico de serie temporal de la serie “precios del gas natural” transformada con logaritmos y diferenciada una vez. Podemos ver un comportamiento que se asemeja mucho a una distribución estacionaria ya que la serie oscila en torno a un valor central, que en este caso es cero dado que el modelo no incorpora constante. Esto no nos dice nada acerca del modelo a utilizar, pero si nos indica que la transformación de la serie parece adecuada.

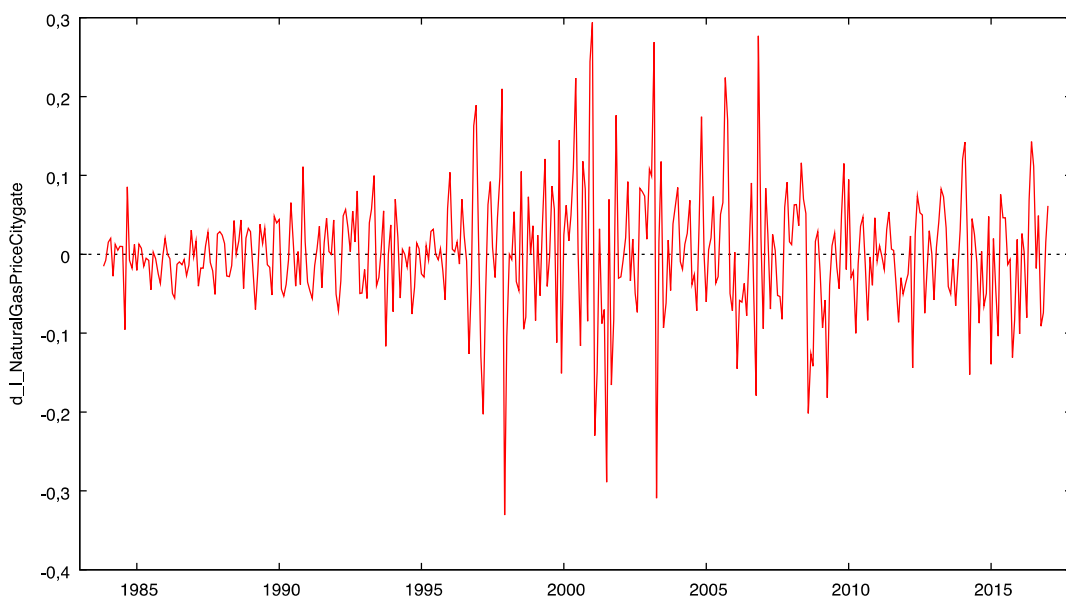


Gráfico 14: gráfico de los logaritmos en primeras diferencias de los precios del gas

El modelo más adecuado para la transformación de los precios del gas natural, es un ARMA (1,1) a pesar de que los tres criterios apuntan a un MA (2). Esto es así por tres razones específicas:

1. A pesar que tanto el criterio de Schwarz, Akaike y Hannan-Quinn intuyan como modelo óptimo un MA (2), no debemos descuidar que las diferencias de estos tres criterios entre el MA (2) y el ARMA (1,1) es mínima, lo cual impide confirmar o rechazar un modelo con la suficiente rigurosidad.
2. Viendo y comparando los correlogramas de los residuos de ambos modelos notamos muchas similitudes, sin embargo el ARMA (1,1) parece ajustarse mejor a un proceso estacionario.
3. Por último y no menos importante, el modelo ARMA (1,1) es totalmente significativo en cambio el MA (2) presenta un P-valor igual a 0,079 en su primer regresor (theta 1) lo cual lo hace débilmente significativo.

Es por estas razones que el modelo óptimo para esta serie parece estar en sintonía con un proceso ARMA (1,1).

Una vez desarrollado el modelo ARIMA como un proceso ARMA(1,1), con la serie “precios del gas natural” en logaritmos y diferenciada una vez, obtenemos los residuos y desarrollamos el correlograma de los mismos, con el fin de estudiar su comportamiento.

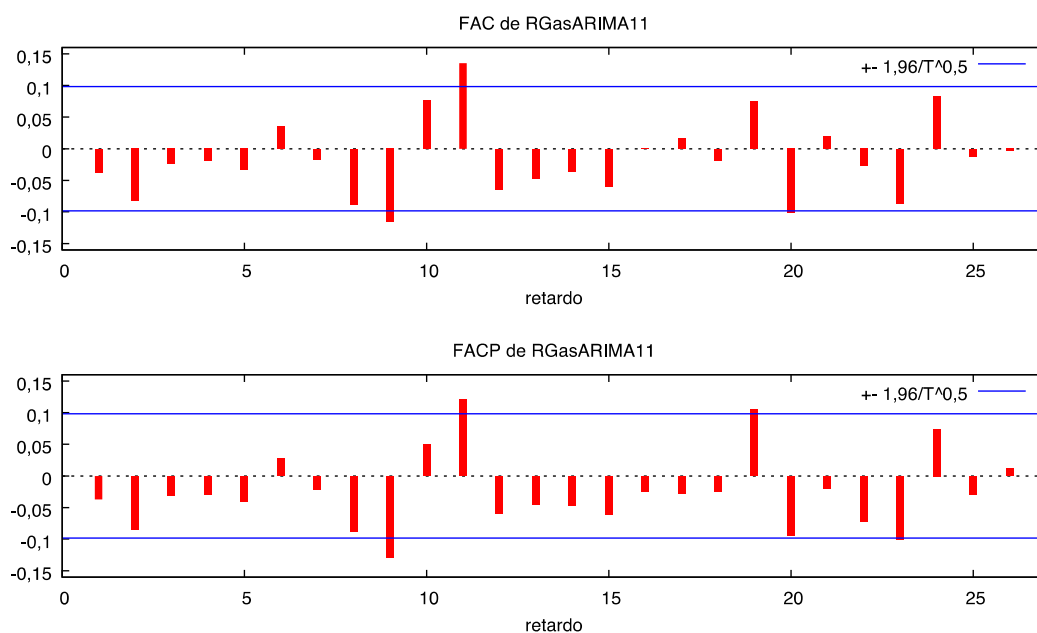


Gráfico 15: correlograma de los residuos de la serie precios del gas natural (ARMA(1,1))

Con el correlograma de los residuos de la serie llegamos a la misma conclusión, ya que se observa un comportamiento acorde a una distribución estacionaria. Esto se puede intuir en la forma y dinámica del correlograma, por un lado no vemos muchas correlaciones que salgan de las bandas (las que salen no son preocupantes por el intervalo de confianza del modelo) y por otro lado las correlaciones que salen de las bandas no se sitúan entre las primeras correlaciones. Esto es un buen indicio de que estamos ante un proceso estacionario.

Por último compruebo el gráfico de los residuos para analizar nuevamente si estos también se comportan como un proceso estacionario tras las transformaciones realizadas a la serie.

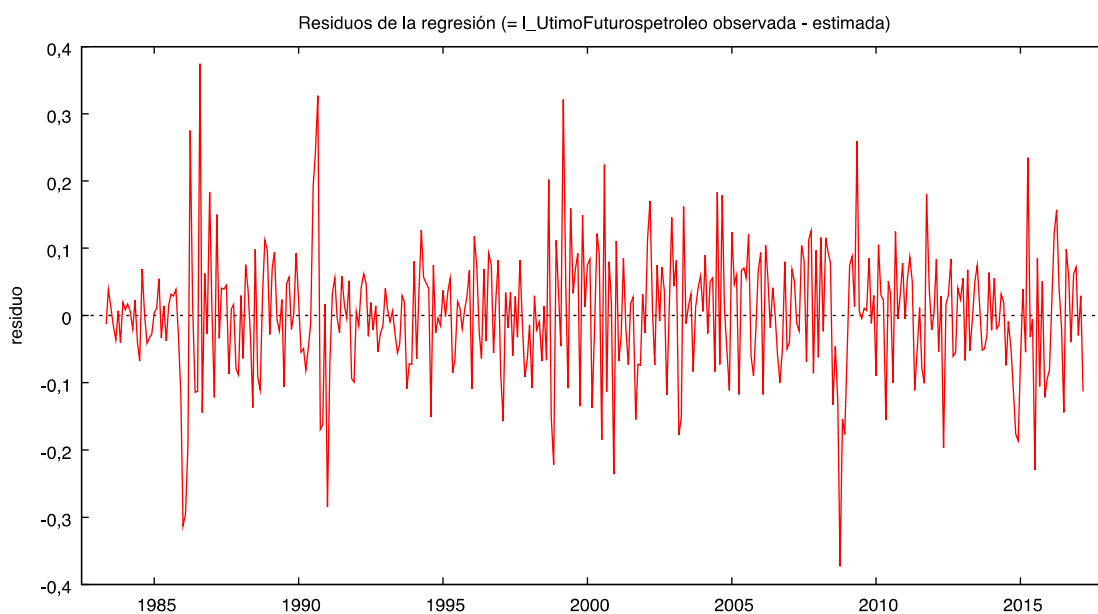


Gráfico 16: gráfico de los residuos de la serie precios del gas natural (ARMA (1,1))

Efectivamente este estudio también parece indicar que estamos ante un proceso estacionario, esto es así ya que los residuos se comportan de forma estable y están centradas en torno a un valor medio.

Todo esto junto a la invertibilidad del modelo, dado que todas las raíces de sus parámetros caen fuera del círculo unidad (mayor a la unidad en valor absoluto), nos hace intuir que este modelo es estacionario en media y varianza.

Este modelo se puede observar en el (anexo 3).

c. Serie “precio del barril de petróleo”

Antes que nada debemos comprobar ante que modelo estamos, ya sea un MA, un AR o un ARMA y su orden. Para obtener el modelo óptimo de la serie tendremos que comprobar las distintas variantes de los mismos, y tras esto comprobar minuciosamente la significatividad de los parámetros estimados y los criterios de Schwarz, Akaike y Hannan-Quinn. La validez del modelo será mayor cuanto menor sean los resultados de estos tres criterios y mayores indicios de estacionariedad obtengamos.

En la tabla siguiente se representan las significatividades de los modelos estimados así como los distintos criterios estudiados para determinar la idoneidad del modelo en cuestión.

Parámetros/modelos	AR (2)	MA (2)	ARMA (1,1)	ARMA (2,1)
P-valor	*** y **	*** y ***	*** y **	*** y ***
Schwarz	-883,9128	-884,2793	-882,3057	-885,3565
Akaike	-895,8797	-896,2462	-894,2726	-901,3123
Hannan-Quinn	-891,1402	-891,5067	-889,5331	-894,9930

Tabla 2: posibles modelos de la serie precios del petróleo

Como podemos intuir el modelo que en principio parece encajar mejor con la serie “precios del barril de petróleo” es el ARMA (2,1) ya que sus dos parámetros estimados son significativos y todos los criterios estudiados le confieren ventaja sobre el resto de modelos.

d. Comprobación ARMA (2,1) en serie “precios del barril de petróleo”

Para comprobar definitivamente la idoneidad de este modelo, aparte de los criterios estudiados anteriormente, estudiaré el correlograma de los residuos del modelo ARMA, el gráfico de serie temporal de los residuos y de la serie transformada.

Con la serie “precio del barril de petróleo” llegamos a la conclusión en cuanto a transformación de la serie de aplicar logaritmo y diferenciar una vez. Para comprobar si esta transformación es correcta, el gráfico de serie temporal de la serie transformada debería comportarse como una distribución estacionaria.

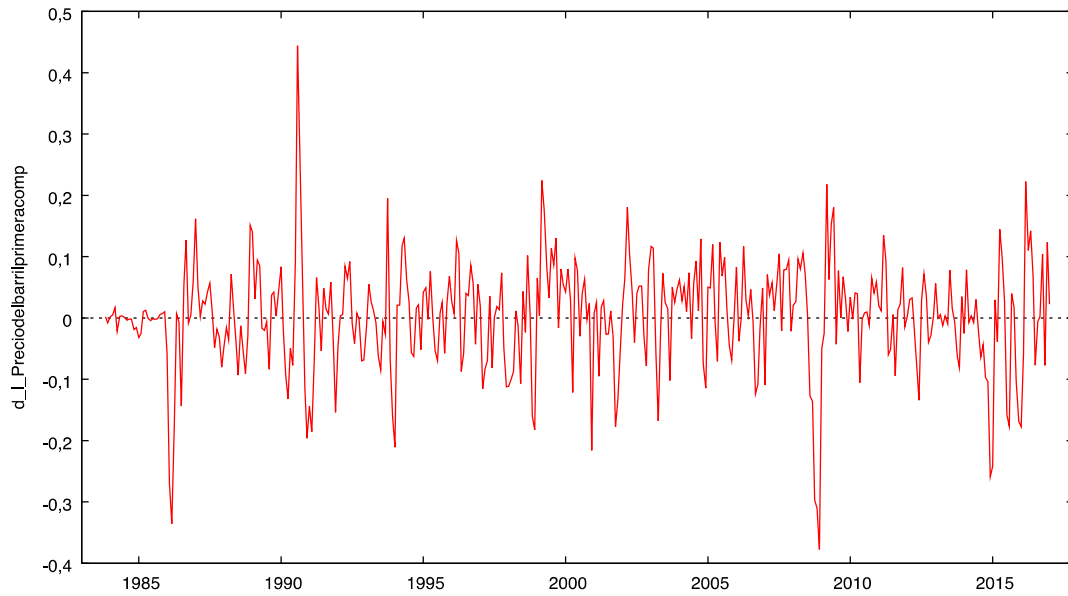


Gráfico 17: gráfico del logaritmo en primeras diferencias de los precios del petróleo

Efectivamente vemos un gráfico centrado en 0 y con pocas oscilaciones, lo cual nos hace pensar que estamos ante un proceso estacionario en media. Este primer paso para dilucidar si las primeras diferencias del logaritmo de la serie son óptimas, parecen indicar que en efecto esta transformación es adecuada, liberando a la serie del problema de no estacionariedad.

El siguiente paso para comprobar la idoneidad de la transformación de la serie, es analizar si el correlograma de los residuos se comporta como un proceso estacionario o no. Nótese que tanto el correlograma de los residuos como el gráfico de serie temporal de los residuos que se muestra más adelante, están hechos sobre el modelo que intuimos más adecuado (ARMA(2,1)).

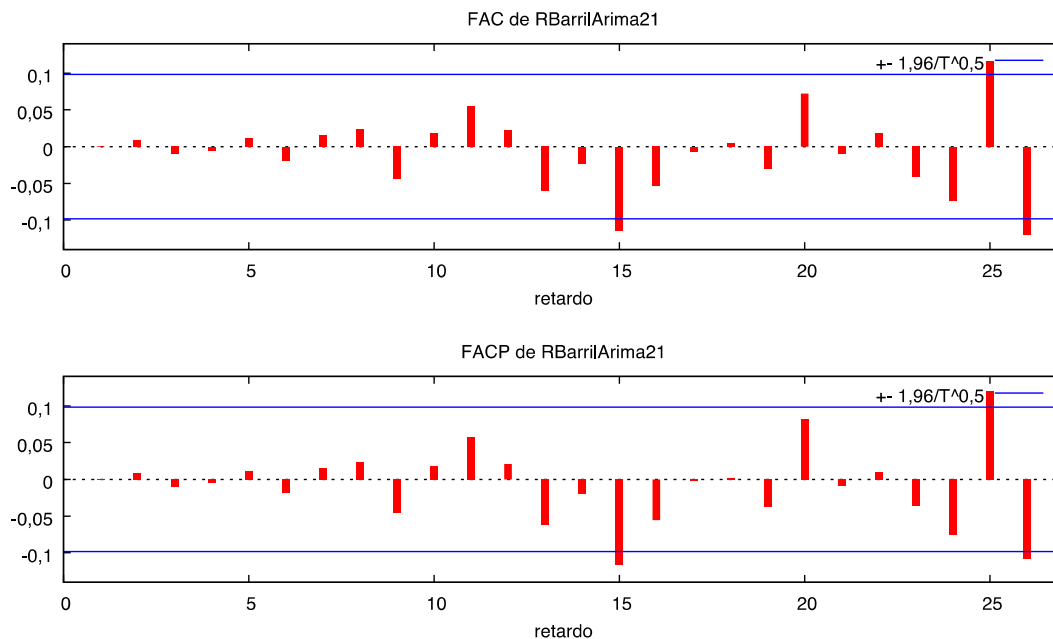


Gráfico 18: correlograma de los residuos de la serie precios del petróleo (ARMA(2,1))

Siguiendo la misma línea que el gráfico de serie temporal, el correlograma también parece indicar que la transformación es correcta y estamos ante un proceso estacionario en media. Esto se aprecia ya que muy pocas correlaciones se salen de las bandas y las que salen de las mismas no se encuentran entre las primeras correlaciones.

Por último estudio el comportamiento de los residuos del modelo estimado, con el fin de contrastar nuevamente si la transformación se comporta de forma estacionaria y por ende es correcta.

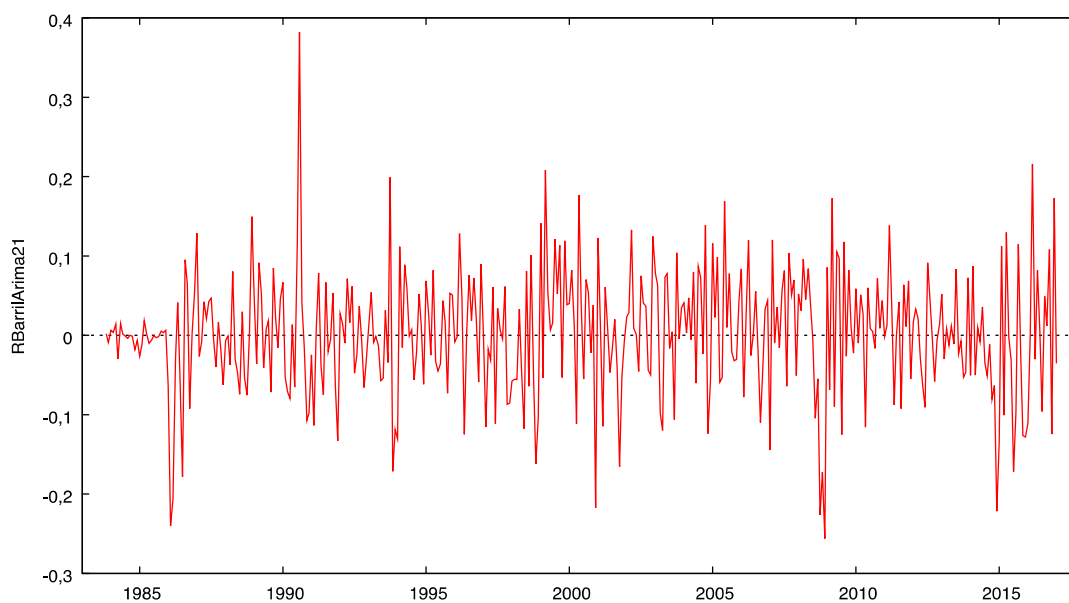


Gráfico 19: gráfico de los residuos de la serie precios del petróleo (ARMA(2,1))

Todo parece indicar, en sintonía con los estudios anteriores, que la transformación de la serie se comporta de manera estacionaria. Esto se puede intuir debido a que las oscilaciones de los residuos fluctúan en torno a un nivel medio y no se aprecia una volatilidad excesiva.

Todo esto junto a la invertibilidad del modelo, ya que todas las raíces de sus parámetros caen fuera del círculo unidad (mayor a la unidad en valor absoluto), nos hace intuir que este modelo es estacionario en media y varianza.

Este modelo se puede observar en el (anexo 4).

B. Resultados

13. Comprobación de estructura heterocedástica condicional autoregresiva (ARCH)

La estructura heterocedástica de un modelo se puede medir mediante un contraste ARCH, este nos muestra básicamente la volatilidad existente en la serie. Para ello se comprueba el comportamiento de los residuos, es decir, al estimar un modelo de interés se obtienen los residuos y se regresan sobre una constante y retardos del mismo. Luego se hace un contraste de significatividad conjunta y de rechazarse la hipótesis nula (todos los retardos igual a 0) estaríamos ante una estructura ARCH y por ende volátil.

Serie (2) $\varepsilon_t^2 = \theta_0 + \theta_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \theta_m \varepsilon_{t-m}^2 + u$

$$\begin{cases} H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_m = 0 \\ H_1 : \theta_1 \neq 0 \text{ y/o } \theta_2 \neq 0 \text{ y/o } \dots \theta_m \neq 0 \end{cases}$$

Como vemos en el contraste de la serie 2, la idea subyacente que recae en un modelo ARCH es comprobar si los residuos dependen de su pasado a través de un contraste de significatividad conjunta.

Este estudio suele emplearse principalmente en series financieras, donde las cotizaciones muestran una alta volatilidad. En muchos casos el contraste ARCH presenta algunas limitaciones, que pueden ser solventadas mediante la extensión del mismo (GARCH). Sin embargo el objeto de interés en este trabajo es el análisis de cointegración,

además no estamos ante una serie bursátil por lo que el interés de estos modelos no es de vital relevancia.

Para esto comprobaré la existencia o no de volatilidad en ambas series, a partir de los modelos correspondientes con las variables estacionarias (transformadas). El objetivo de este estudio radica en la comparación de los residuos de ambas series, viendo las discrepancias volátiles entre ambas estructuras.

a. Serie “precios del barril de petróleo”

Hemos determinado con anterioridad la utilización de una estructura ARMA (2,1) con la serie “precios del petróleo” diferenciada y en logaritmos. Es por esto que de la estimación de dicho modelo obtendremos el contraste ARCH.

La hipótesis nula de no existencia de efecto ARCH, se avala con un P-valor igual a 0,349, de hecho sobre un modelo con 12 retardos de los residuos únicamente es levemente significativo el primero (P-valor = 0,014). Esto nos infiere que dicha transformación estimada sobre un modelo ARMA (2,1) no capta volatilidad.

Para ver de forma visual la volatilidad de la serie, obtendré el gráfico de los residuos al cuadrado del modelo ARMA (2,1), analizando su estructura y dinamismo.

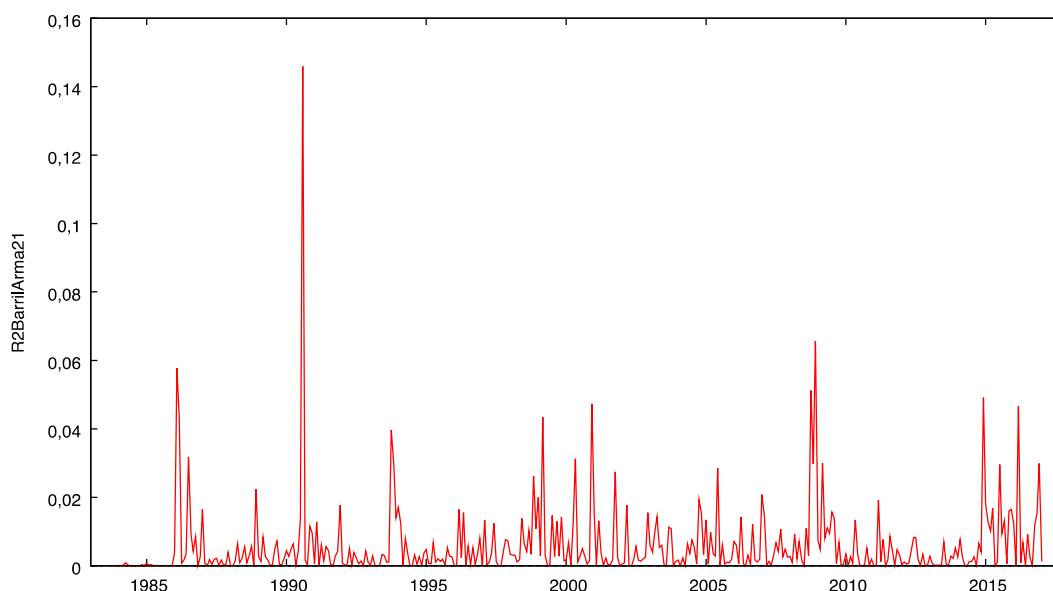


Gráfico 20: gráfico de los residuos al cuadrado de los precios del petróleo (ARMA(2,1))

Vemos un comportamiento no excesivamente volátil, salvo observaciones puntuales como el año 1990 y 2008. Sin embargo estos valores no tienen porque representar picos

de volatilidad en la estructura de la serie, ya que podrían estar relacionados con factores atípicos que afecten a la serie de forma externa.

b. Serie “precios del gas natural”

Para el caso de los precios del gas natural, también trabajaremos sobre su transformación estacionaria (logaritmos y primeras diferencias) con un modelo ARMA (1,1). Procederemos de igual forma que la serie anterior, comprobando y analizando el contraste ARCH y el gráfico de los residuos al cuadrado.

La hipótesis nula de no existencia de efecto ARCH se rechaza contundentemente con un P-valor igual a $4,06e-07$, esto nos infiere que en dicho modelo existe una estructura ARCH y por ende los retardos de los residuos son distintos de 0.

Nuevamente obtendré el gráfico de los residuos al cuadrado para analizar la dinámica y estructura volátil de la serie.

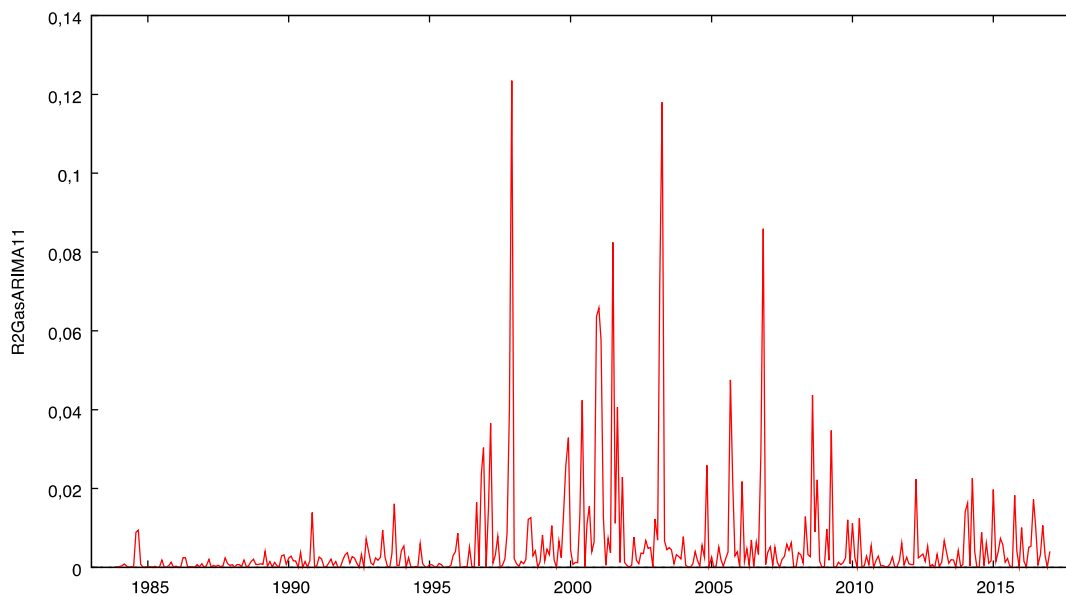


Gráfico 21: gráfico de los residuos al cuadrado de los precios del gas (ARMA(1,1))

En el caso de los residuos al cuadrado de esta serie, vemos un comportamiento mucho más dinámico y volátil, sobre todo en el periodo enmarcado desde finales de los 90 hasta el 2010. Nuevamente estos podrían corresponderse con valores atípicos, sin embargo para esta serie se observan dos factores distintivos en la dinámica de los residuos al cuadrado:

1. En primer lugar, el número de observaciones anormalmente altas para la dinámica de los residuos, parece exceder notoriamente al estudio de la serie anterior.
2. Por otro lado, y a diferencia de la serie anterior, vemos un comportamiento en los residuos no homogéneo. Si vemos el comportamiento del gráfico anterior antes de 1995 y después de 2010 se nota una gran estabilidad, sin embargo en el periodo enmarcado entre estas dos fechas parece existir una secuencia turbulenta y de alta volatilidad.

Comparando ambas series podemos intuir que tras las transformaciones la serie “precios del gas natural” parece mostrar un comportamiento más volátil y de altas fluctuaciones. Hay que notar algo muy importante, si bien para la serie “precios del petróleo” rechazamos que el modelo siga una estructura ARCH, en ningún caso podríamos afirmar que esta serie no sufre de volatilidad. Esto es así ya que: 1) la misma composición de los datos, mostrados de forma mensual, puede ocultar el factor volátil de la serie impidiendo observarlo o distorsionándolo notoriamente, 2) el estudio ARCH muestra una serie de limitaciones, especialmente en cuanto al número de retardos óptimo respecto a los residuos y 3) al no ser un estudio altamente riguroso (por no ser el objeto de este trabajo), podrían influir muchos otros factores como los valores atípicos que distorsionen este estudio o mitiguen el efecto volátil de la serie.

Por tanto la principal conclusión que extraemos de este pequeño análisis, independientemente de los contrastes ARCH realizados, es que comparando los residuos al cuadrado de ambas series, los precios del gas natural parecen presentar una estructura más volátil que los precios del barril de petróleo.

14. Corrección de valores atípicos e intervención

Muchas veces las series se ven afectadas por sucesos externos que aun resultando conocidos pueden distorsionar la verdadera trayectoria de la serie, estos efectos de carácter deterministas deben identificarse y cuantificarse para mejorar la precisión de las estimaciones.

Para tratar este problema determinista, debemos conocer qué es lo que causó este valor atípico. Posteriormente tendremos que determinar si el efecto causado es temporal o permanente para los cuales crearemos variables impulso (temporal) o variables escalón (permanente). Para un suceso puntual creamos una variable impulso, es decir una variable

temporal que incorpore el periodo del valor atípico y para el caso de un suceso permanente crearemos una variable escalón. Este escalón se genera con una variable temporal que recoja el efecto atípico desde su generación hasta la actualidad.

a. Serie “precios del barril de petróleo”

Para realizar este estudio realizamos una pequeña transformación en los residuos del modelo ARMA (2,1) estimado anteriormente. Para ello obtenemos la media de los residuos, que llamaremos “RE” y la desviación típica, que llamaremos “RDT”.

Una vez comprobados los estadísticos principales obtenemos los valores de interés: RE = 0,0012159 y RDT = 0,077481. Tras obtener estos datos procedemos a realizar la siguiente transformación:

$$\text{Rhomogenizado} = \frac{(\text{Rd-l-precibarrilARIMA21} - E(\text{Rd-l-precibarrilARIMA21}))}{DT(\text{Rd-l-precibarrilARIMA21})}$$

Donde “R” son los residuos, “d” la primera diferencia, “l” el logaritmo de la serie y “DT” la desviación típica.

Nótese que esta variable creada no es ni más ni menos que los residuos homogenizados del modelo ARMA (2,1) creado anteriormente. El fin de homogenizar los datos es meramente para comprobar cuantas veces mayor o menor es el residuo respecto a la desviación típica (la media del residuo es prácticamente 0).

Una vez creada esta variable, sacamos el gráfico de serie temporal y cualquier observación que sobrepase 2,5 veces en valor absoluto la desviación típica de los residuos, será sospechosa de ser un valor atípico.

A continuación se puede observar el gráfico con los valores homogenizados y estandarizados de los residuos del modelo ARMA (2,1). Cualquier observación que sea al menos 2,5 veces la desviación típica de los residuos, podrá ser un valor atípico en la serie por lo que deberá ser tratado.

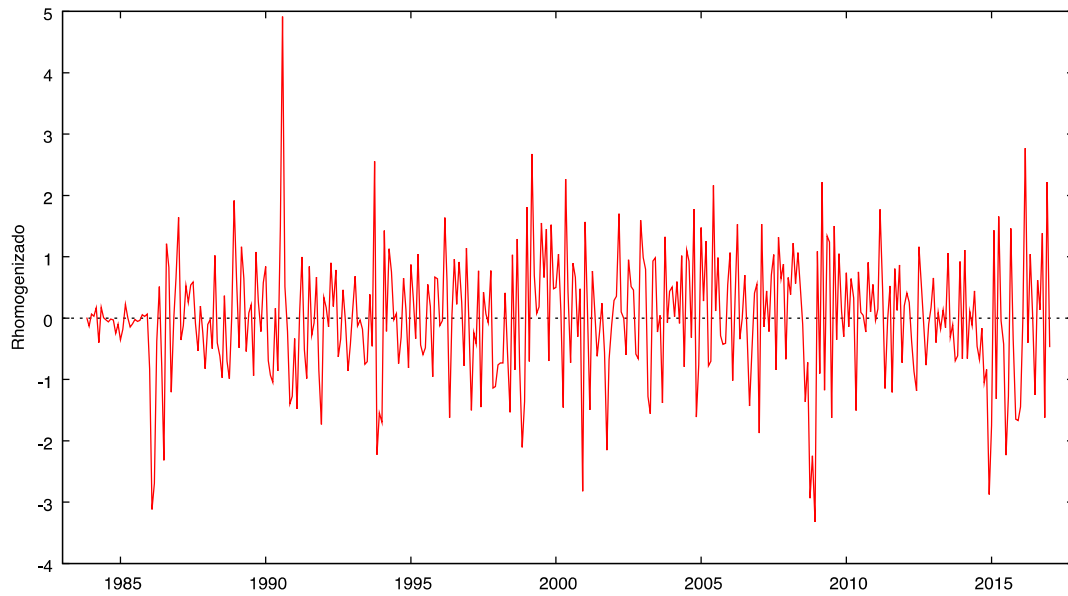


Gráfico 22: gráfico de los residuos homogenizados de los precios del petróleo

Podemos observar una serie de valores altos (mayor o igual a 2,5) en los residuos homogenizados de la serie, esta es la lista de posibles valores atípicos encontrados en el gráfico anterior:

Periodo	Valor atípico
1986:02 a 1986:03	-3,117069 y -2,691764
1990:08	4,914482
1993:10	2,555455
1999:03	2,673964
2000:12	-2,823262
2008:10 a 2008:12	-2,936988, -2,242445 y -3,321043
2014:12	-2,876957
2016:03	2,771673

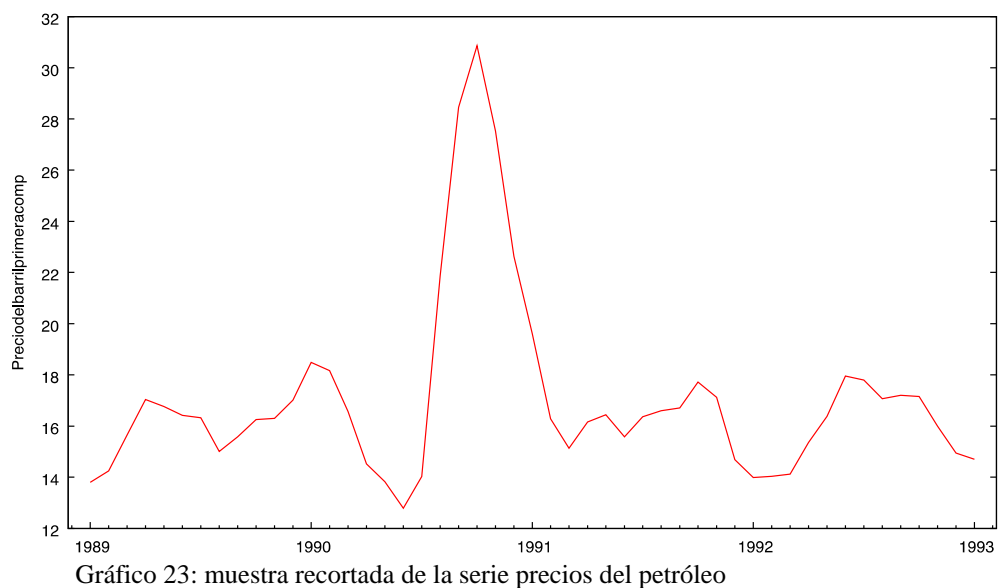
Tabla 3: posibles valores atípicos de la serie precios del petróleo

Al contrastar los periodos con un modelo ARMA, obtenemos que tres de estos períodos son valores atípicos significativos y se encuentran justificaciones de su origen.

Los periodos que representan valores atípicos en la serie estudiada son:

- Agosto de 1990: este valor atípico es significativo con un P-valor igual a 0,0233 y un coeficiente igual a 0,08955, esto quiere decir que el acontecimiento atípico ocurrido en este mes supuso un aumento de un 8,955%, manteniendo el resto de factores constantes, en los precios del barril de petróleo.

El hecho vinculado con este valor atípico es la Guerra del Golfo, concretamente la invasión de Irak a Kuwait el 2 de agosto. Primeramente subieron los precios, por la menor producción de crudo por parte de estos países y la generalización de un clima de desconfianza e incertidumbre en los mercados mundiales. Con la invasión y bombardeos americanos en 1991, la situación de la zona comenzó a retornar a su normalidad y los precios cayeron intensamente. Es por esto que en la serie original percibimos un fuerte pico en este periodo.



En este gráfico que va del año 1989 a 1993, podemos ver este gran pico que representa el conflicto vivido en el Golfo que afectó notoriamente la producción de petróleo a nivel mundial y la confianza en los mercados internacionales.

- Finales de 2008: este valor atípico es significativo con un P-valor igual a 0,0114 y un coeficiente igual a -0,123, esto quiere decir que el hecho sucedido en los tres últimos meses de 2008 desencadenó una caída del 12,3%, manteniendo el resto de factores constantes, en los precios del petróleo.

El hecho relacionado con este valor atípico es ni más ni menos que el inicio de la última crisis financiera mundial. Con el comienzo de la crisis y su propagación a prácticamente todo el mundo, el consumo de petróleo cayó drásticamente reduciendo notoriamente los precios. La OPEP intentó ajustar la producción de crudo para mantener los precios, sin embargo países como Rusia

(gran productor de petróleo no adherido a la OPEP) mantuvieron inalterada su producción lo que ayudó al descenso en los precios del barril.

Por otro lado, el continuo debilitamiento del dólar junto a una ola de desconfianza y preocupación extendida por todas las economías mundiales, generó una gran disminución de la demanda de petróleo con la consecuente disminución en sus precios.

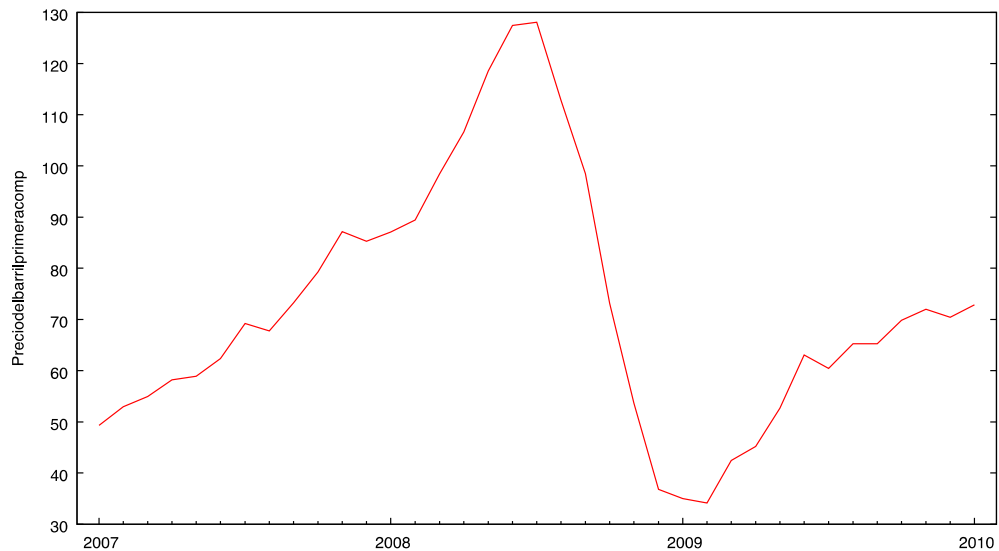


Gráfico 24: muestra recortada de la serie precios del petróleo

En el gráfico se puede ver la impactante caída del precio del barril de petróleo, en menos de un año esta materia prima perdió tres cuartos de su valor, hecho revertido por las disminuciones de excedentes por parte de la OPEP y posteriormente por los conflictos árabes.

- Marzo de 2016: este valor atípico es significativo con un P-valor igual a 0,264 y un coeficiente igual a 0,0877, esto quiere decir que en marzo de 2016 los precios del petróleo aumentaron en un 8,77%, manteniendo el resto de factores constantes.

Este hecho se debe a la menor producción de crudo por parte de EE.UU., esto es así ya que este país explotó muchos yacimientos con la técnica del Fracking (fracturación hidráulica) aumentando enormemente los excedentes de crudo a nivel mundial. Sin embargo este gran aumento en los suministros generó una disminución en los precios a tal punto que EE.UU. tuvo que cerrar muchos

pozos por falta de rentabilidad, produciendo un efecto rebote en los precios del crudo.



Gráfico 25: muestra recortada de la serie precios del petróleo

Como podemos observar en el gráfico anterior, los precios del petróleo venían cayendo pronunciadamente hasta principios del 2016 como consecuencia de los excedentes de suministro producidos por el país norteamericano. Este nivel de producción fue insostenible al caer el precio del crudo por debajo de los \$30, lo que obligó a cerrar muchos yacimientos petrolíferos reduciendo la oferta y aumentando notoriamente los precios del petróleo.

b. Serie “precios del gas natural”

Para comprobar la existencia de valores atípicos en esta serie realizamos un proceso análogo al de los precios del petróleo pero con un modelo ARMA (1,1). Para ello homogenizamos los residuos del modelo ARMA (1,1) restándoles la media y dividiendo entre su desviación típica.

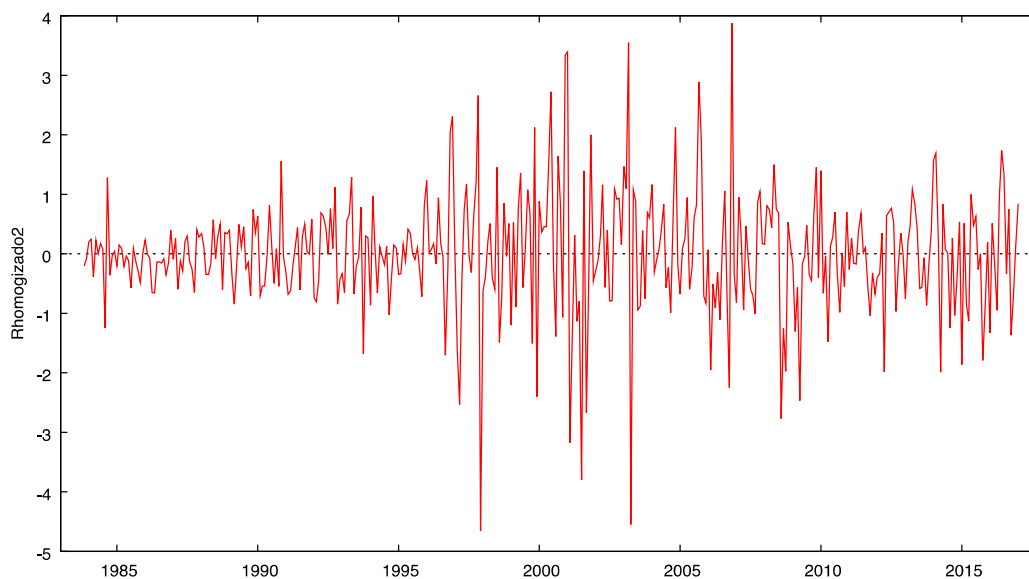


Gráfico 26: gráfico de los residuos homogenizados de la serie precios del gas

En la serie “precios del gas natural” podemos notar más volatilidad que en la de “precios del barril de petróleo”, en el rango de $\pm 2,5$ veces la desviación típica respecto los residuos de la serie vemos más valores que antes. Esta es la lista de valores que sobrepasen el valor de referencia para valores atípicos, y que por tanto son posibles candidatos como valores atípicos:

Periodo	Valor atípico
1997:02	-2,53295
1997:11 a 1997:12	2,66 y -4,6537
2000:06	2,722755
2000:12 a 2001:02	3,337652, 3,395283 y -3,180778
2001:07	-3,803066
2001:09	-2,670076
2003:03 a 2003:04	3,549631 y -4,54967
2005:09	2,885344
2006:11	3,877539
2008:08	-2,768463

Tabla 4: posibles valores atípicos de la serie precios del gas natural

Al contrastar los periodos con un modelo ARMA, obtenemos que tres de estos períodos son valores atípicos significativos y se encuentran justificaciones de su origen.

Los periodos que representan valores atípicos en la serie estudiada son:

- Diciembre de 1997: este valor atípico es significativo con un P-valor igual a 0,0056 y un coeficiente igual a -0,1302. Esto nos indica que el suceso ocurrido en esta fecha ocasionó una disminución en el precio del gas de un 13,02%, manteniendo el resto de factores constantes.



Gráfico 27: muestra recortada de la serie precios del gas

- Diciembre del 2000 a enero del 2001: este valor atípico es significativo con un P-valor igual a $2,15e-05$ y un coeficiente igual a 0,2277. Esto quiere decir que el suceso atípico asociado a este periodo provocó una subida del 22,77% en los precios del gas, manteniendo el resto de factores constantes.



Gráfico 28: muestra recortada de la serie precios del gas

Este hecho se vincula con la disminución de las exportaciones de petróleo por parte de Rusia a finales del 2000, llevando a los mercados internacionales a

buscar alternativas que solventasen esta escasez. El gas ocupó el lugar del petróleo faltante, incrementándose notoriamente su demanda y por ende su precio.

- Marzo y abril de 2003: este valor atípico es significativo con un P-valor igual a 0,0138 y un coeficiente igual a 0,132. Esto supone un aumento del 13,2%, manteniendo el resto de factores constantes, provocado por un suceso anormal en el periodo estudiado.

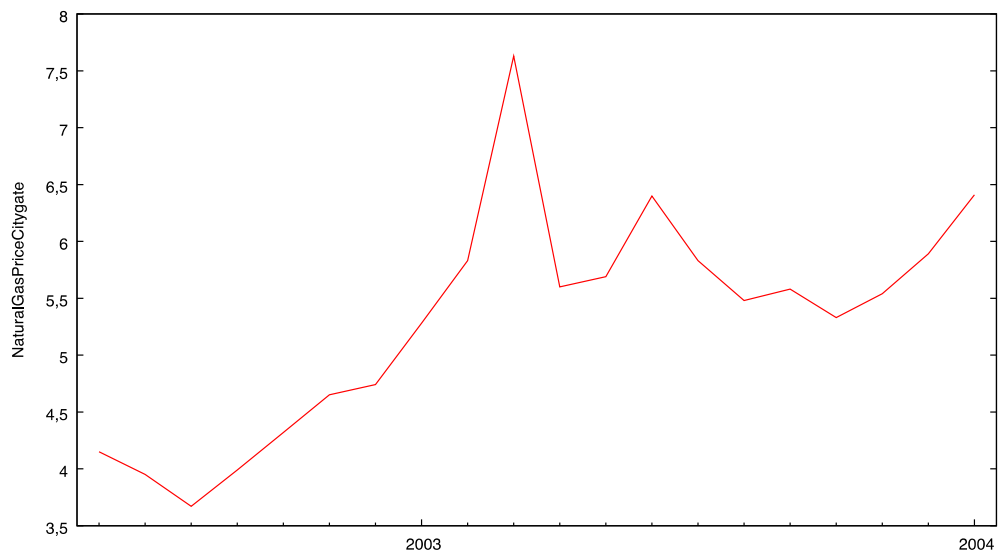


Gráfico 29: muestra recortada de la serie precios del gas

Todas las variables viarias creadas para intervenir las series, son variables impulso ya que el impacto de los sucesos fueron meramente transitorios.

15. Estudio de cointegración entre ambas series

a. Engle-Granger

Primeramente analizaré la cointegración a través del contraste de Engle-Granger, el cual nos indicará una relación cointegrante siempre y cuando se cumplan dos condiciones: que la hipótesis de raíz unitaria no sea rechazada para las series individuales y que la hipótesis de existencia de raíz unitaria sea rechazada para los residuos de la regresión cointegrante.

De existir cointegración entre ambas series significaría que hay una relación a largo plazo entre ambas, de lo contrario tendríamos que analizar la dinámica a corto plazo a través de otros modelos.

El contraste de cointegración realiza un estudio muy sencillo e interesante, básicamente regresa una de las dos series sobre la otra (es indiferente cual se utilice como regresor y cual como vable. dependiente) y analiza el comportamiento de los residuos de esta regresión. Si los residuos se comportan de manera estacionaria, significará que ambas series se comportan de manera conjunta por lo que estarían cointegradas, de lo contrario si los residuos no se comportan de manera estacionaria estaríamos ante una regresión espúrea y no existiría una relación estable a largo plazo.

$$\text{Serie (3) PriceGas} = \beta_0 + \beta_1 \text{PricePetrol} + u$$

La serie (3) representa el modelo inicial para el estudio de la cointegración, en la cual la variable dependiente son los precios del gas regresada sobre los precios del petróleo y una constante. Esta regresión fue estimada a través del contraste de Engle-Granger y arrojó los siguientes resultados:

$$\text{Serie (4) PriceGas} = 2,95298 + 0,0444278 \text{PricePetrol} + u \quad T = 400$$

(0,1208) (0,00251)

Sin embargo lo realmente interesante, no es la estimación del modelo cointegrante, sino la constatación de raíces unitarias de los modelos individuales y el conjunto, en el siguiente cuadro podemos observar dichos valores:

Contraste raíz unitaria	P-valor	Existe raíz unitaria
PriceGas	0,471	Sí
PricePetrol	0,5194	Sí
Residuos modelo	0,6189	Sí

Tabla 5: resultados del contraste Engle-Granger

Como podemos intuir en el cuadro anterior, no estamos ante dos series cointegradas, ya que el modelo cumple únicamente una condición de dos para que así lo sean. La primera condición de existencia de raíces unitarias en los modelos individuales (PriceGas y ProcePetrol) se cumple, sin embargo la segunda que exige la no existencia

de raíz unitaria en los residuos de la regresión, no se cumple. Esto nos infiere a pensar sobre la dinámica de la serie, y es que muy probablemente estas dos series no tengan un comportamiento conjunto a largo plazo lo que se sintetiza en una regresión resultante espúrea. Se puede observar el contraste de E-G completo en el (anexo 5).

Para ver de forma visual este estudio voy a realizar un “testeo manual” para ver el comportamiento de los residuos de la serie (3), estimo por MCO dicho modelo guardando los residuos y saco el gráfico de los mismos para ver su dinámica. Si las series son cointegradas los residuos deberían comportarse como una normal en caso contrario obtendríamos una regresión espúrea y los residuos se mostrarían volátiles.

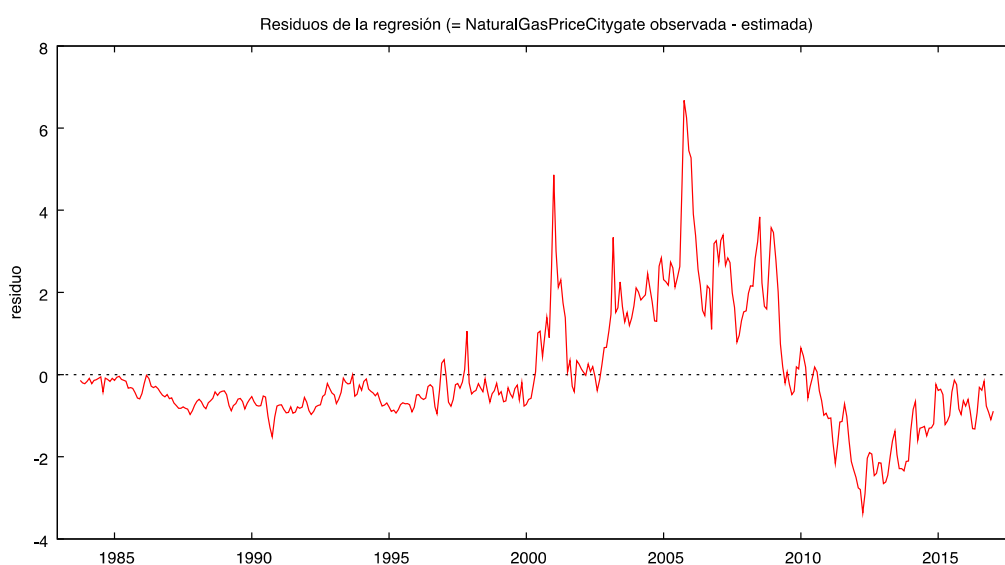


Gráfico 30: gráfico de los residuos de la serie (4)

Claramente estamos ante una regresión espúrea ya que los residuos no se comportan como una normal, vemos que deambulan a lo largo de toda la muestra y no cruzan sistemáticamente el eje central. Para terminar de corroborar esta hipótesis realizaré el correlograma de los residuos y analizaré su comportamiento.

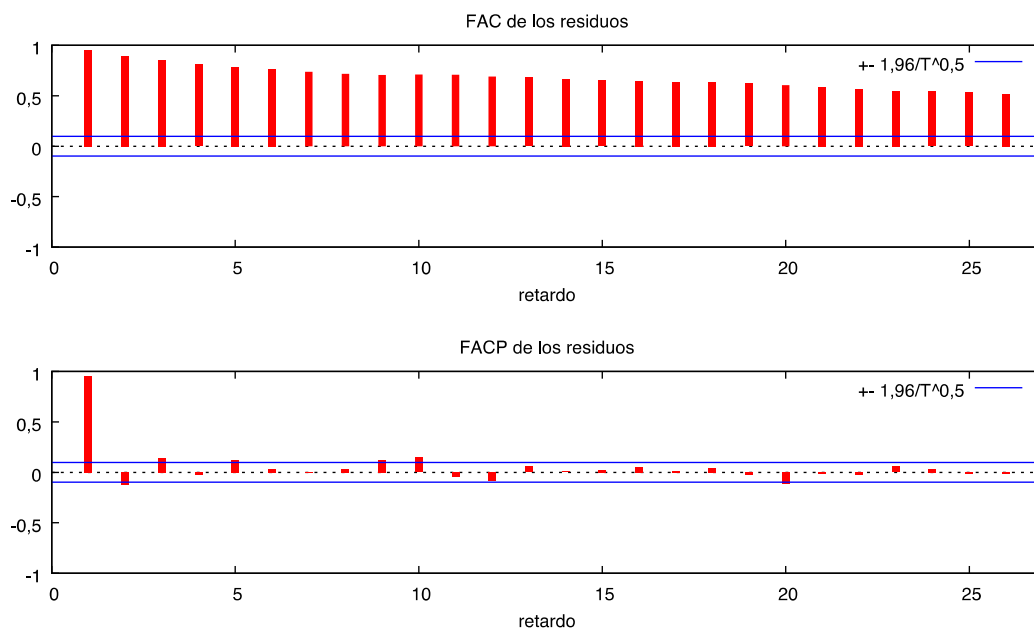


Gráfico 31: correlograma de los residuos de la serie (4)

Nuevamente nos encontramos ante la misma evidencia y misma conclusión, los residuos no se comportan de forma normal. En el caso del correlograma de los residuos de la serie (3), vemos que las correlaciones simples caen muy lentamente indicando más que probablemente la no estacionariedad del proceso.

b. Johansen

Otra forma de contrastar la existencia de cointegración entre las dos series de interés, es mediante el contraste de Johansen. Este contraste realiza estudios de cointegración de grado 0 y 1 entre ambas series. Para dicho análisis se utiliza una muestra de 397 observaciones, que abarca el periodo emprendido entre enero de 1984 y enero de 2017.

No realizare una análisis muy exhaustivo en este contraste, ya que es más complejo y engorroso a la hora de interpretarlo. Sin embargo si que captaré la intuición del mismo por su gran relevancia a la hora de contrastar la cointegración y corroborar si este estudio va en sintonía con el de Engle-Granger.

En este estudio al igual que en el de Engle-Granger, rechazamos la hipótesis de cointegración o relación a largo plazo entre ambas variables. El contraste de Johansen rechaza las hipótesis nulas de cointegración tanto de rango 0 como de rango 1. Este rechazo de la hipótesis nula se visualiza con un P-valor próximo a 0 tanto en los estadísticos de traza como en los estadísticos del mayor valor propio.

La conclusión de no cointegración entre las series, es idéntica ($P\text{-valor} = 0$), independientemente de si utilizamos un modelo sin constante, constante restringida, constante no restringida, tendencia restringida o tendencia no restringida.

El hecho de no existir cointegración entre ambas series no significa que no exista relación entre ambas series, de hecho lo que nos dice esta situación es la inexistencia de una relación estable y sostenida a largo plazo. Pero podrían existir relaciones bidireccionales o unidireccionales a corto plazo entre ambas series. La forma de comprobar la dinámica a corto plazo entre ambas series es a través de los modelos de vector autorregresivos (VAR).

16. Modelos de vector autoregresivos (VAR)

Una vez descartada la cointegración de las series, solo queda ver la dinámica a corto plazo, en especial ver el efecto que tiene una serie sobre la otra y la cuantificación del mismo. Para esto utilizamos los modelos VAR, estos a diferencia de los contrastes de cointegración estudiados anteriormente, realizan el contraste de dos modelos. Primeramente escoge una de las variables como dependiente y la otra como regresor, y luego hace un estudio inverso, además se incorporan tantos retardos como sean necesarios para la validez e idoneidad del proceso.

Las ecuaciones a desarrollar por el modelo incorporan al menos un retardo de la variable dependiente y de la variable que se pretende encontrar una relación a corto plazo.

$$\text{Serie (5.1) PriceGas} = \beta_0 + \beta_1 \text{PriceGas}(t-1) + \dots + \beta_k \text{PriceGas}(t-k) + \beta_2 \text{PricePetrol}(t-1) + \dots + \beta_j \text{Price petrol}(t-j) + u$$

$$\text{Serie (5.2) PricePetrol} = \beta_0 + \beta_1 \text{PriceGas}(t-1) + \dots + \beta_k \text{PriceGas}(t-k) + \beta_2 \text{PricePetrol}(t-1) + \dots + \beta_j \text{Price petrol}(t-j) + u$$

Estos dos modelos (5.1 y 5.2) muestran un sistema VAR con k y j retardos entre los precios del gas natural y los precios del barril de petróleo, es decir muestra una generalización del proceso autorregresivo. En nuestro caso debemos estudiar cual sería el modelo óptimo, hallando el número de retardos óptimo, y comprobar las influencias a corto plazo que puedan poseer las dos variables de interés. Nótese que utilizamos las

variables en niveles como primera aproximación, es decir buscamos efectos de causalidad en este estudio. En el próximo apartado utilizaremos las variables estacionarias con el fin de realizar un estudio más detallado y realista.

Primeramente debemos obtener el número de retardos óptimos, para ello seleccionamos un orden VAR (6) como prueba y vemos la significatividad de los retardos según los criterios de información de Akaike (AIC), Schwarz (BIC) y Hannan-Quinn (HQC). Vemos que tanto el criterio BIC como el HQC nos indican que el número de retardo adecuado para la combinación de series “precios del petróleo” y “precios del gas natural” es de orden 2.

Estimando las variables en niveles, tanto del precio del petróleo como del gas, con un modelo VAR con 2 retardos, obtenemos datos bastante interesantes acerca de la dinámica a corto plazo entre estas dos series. A continuación expongo los datos obtenidos para ambas variables:

a. Ecuación 1.1: Precios del petróleo

Parámetros	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	P-valor
Const.	0,160695	0,431918	0,372	0,7101
Petrol-1	1,50206	0,0440653	34,09	1,97e-119 ***
Petrol-2	-0,520608	0,044031	-11,82	8,32e-28 ***
Gas-1	0,0156289	0,375023	0,04167	0,9668
Gas-2	0,107672	0,375451	0,2868	0,7744

Tabla 6: estimación de la ecuación 1.1

Como podemos observar para la primera ecuación, al regresar la serie de precios del petróleo sobre dos retardos de la misma y dos retardos de la serie del gas, no obtenemos datos demasiado llamativos. Y es que la serie de precios del petróleo responden a impulsos de ella misma pero no de la serie del gas, esto nos sugiere que los precios del gas no influyen sobre los precios del petróleo ni a corto ni a largo plazo.

Por otro lado observando los contrastes de significatividad conjunta vemos que tanto el contraste de significatividad de todos los retardos del petróleo (Petrol-1 y Petrol-2) así como el contraste de significatividad total del modelo, infieren la significatividad de los mismos con P-valores iguales a 0 en ambos casos. Sin embargo por el lado de la significatividad conjunta de los parámetros del gas (Gas-1 y Gas-2) el contraste F nos sugiere que no son conjuntamente significativos con un P-valor igual a 0,5526.

b. Ecuación 2.1: Precios del gas natural

Parámetros	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	P-valor
Const.	0,155756	0,0585029	2,662	0,0081 ***
Petrol-1	0,0140861	0,0059686	2,36	0,0188 **
Petrol-2	-0,0123816	0,00596395	-2,076	0,0385 **
Gas-1	1,06494	0,0507965	20,96	4,81e-66 ***
Gas-2	-0,112405	0,0508545	-2,21	0,0277 **

Tabla 7: estimación de la ecuación 2.1

Para la segunda ecuación, donde regresamos los precios del gas sobre 2 retardos del mismo y 2 retardos de la serie del petróleo, obtenemos conclusiones mucho más interesantes. En este caso la serie de precios del petróleo responde a impulsos de ella misma (al igual que pasaba con la anterior serie) pero también ante impulsos de los precios del petróleo. Esto infiere que los precios del gas se ven afectados tanto por sus propios retardos como por retardos de los precios del petróleo, lo cual indica que la relación a corto plazo entre estas dos series es unidireccional.

Por otro lado en el caso de la ecuación 2, los contrastes de significatividad sugieren que tanto las variables individuales como conjuntas por subgrupos (Gas y Petrol) y conjuntas totales son significativas.

c. Gráficos de impulsos

A continuación mostraré un gráfico conjunto en donde se visualizan como una variable genera efectos sobre la otra, podemos ver cuatro gráficos donde se muestran los impulsos generados desde una serie a otra (en ambas direcciones) y las serie a si mismas.

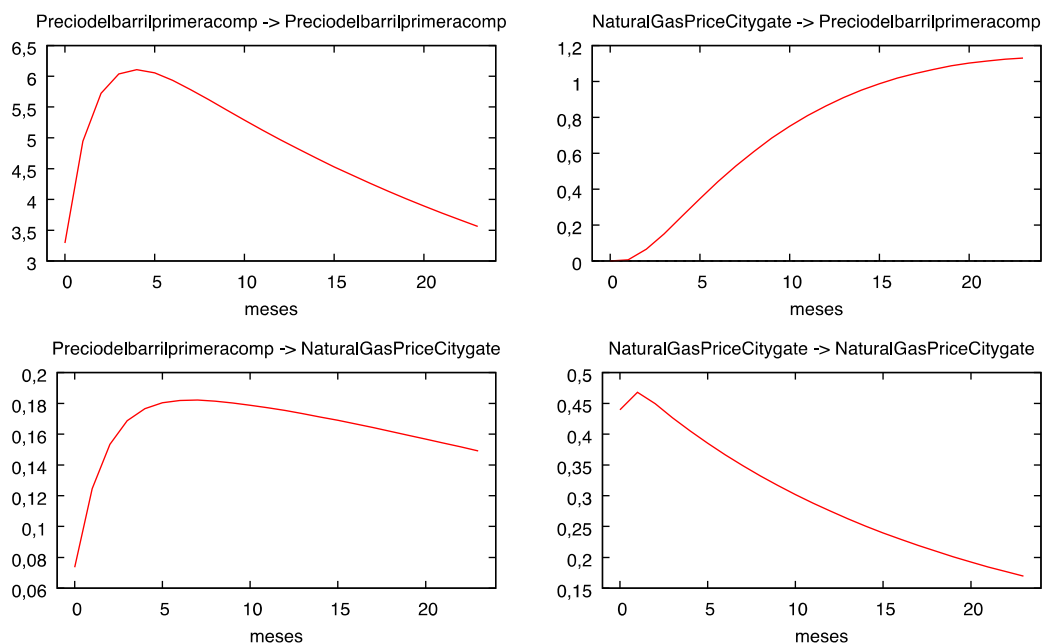


Gráfico 32: gráficos de los impulsos en niveles

Estas serían las dinámicas de las interacciones entre series en los últimos 24 periodos, indicados como meses. En los gráficos se puede observar cómo los efectos de una variable sobre la otra no son constantes, y dependiendo del periodo de tiempo pueden ser positivos o negativos.

Ahora bien, dado que las influencias que tiene una serie consigo misma no nos proporcionan información demasiado valiosa (al menos para este apartado de estudio) y que la influencia de los precios del gas sobre los precios del petróleo no es significativa, centraré mi análisis íntegramente sobre la influencia del precio del petróleo sobre el del gas.

Es por esto que obtendré un gráfico de impulso individualizado donde solo se aprecie el efecto de interés. Básicamente el efecto que estamos buscando individualizar es el del gráfico situado en el extremo izquierdo inferior del gráfico 32.

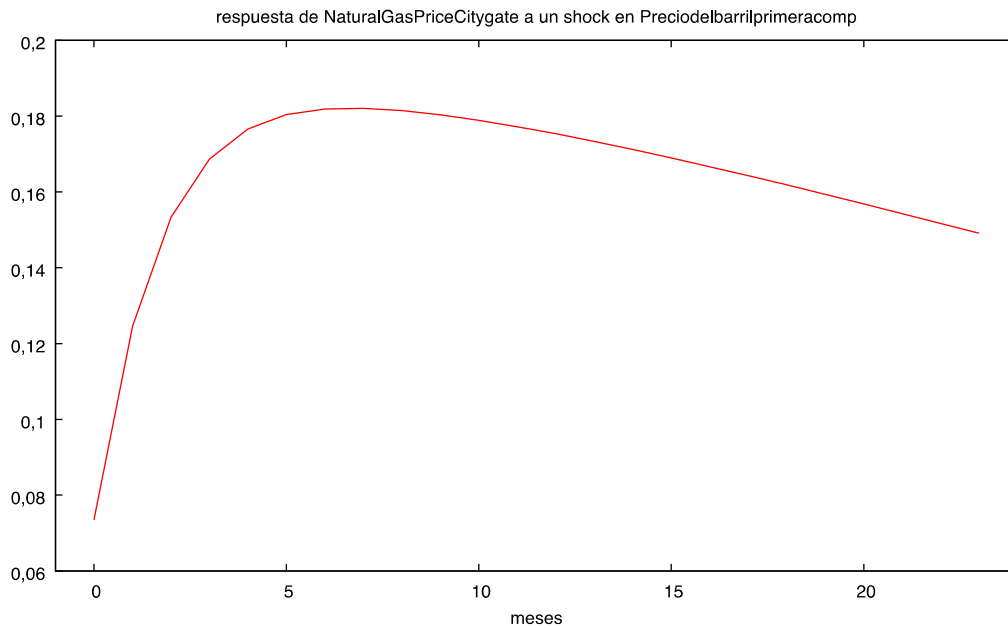


Gráfico 33: gráfico del impulso del petróleo sobre el gas

Como podemos ver el efecto que causa la variable “precios del petróleo” sobre “precios del gas natural” es creciente en primera instancia (hasta el mes 4 de este proceso), y luego decrece lentamente hasta el periodo 24. Esto nos muestra un efecto positivo muy pronunciado causado por los precios del petróleo a los precios del gas, y tras este una leve pero continuada caída del efecto a corto plazo que tiene una variable sobre la otra (efecto amortiguación).

17. VAR en primeras diferencias

Tras analizar el modelo VAR con las series en niveles, repetimos el estudio pero con las variables estacionarias con el fin de obtener una aproximación más fidedigna y realista. Nuevamente realizaremos el proceso de determinación de rango y luego el modelo en cuestión.

Como determinamos en el estudio Dickey-Fuller, ambas series requieren de las primeras diferencias para ser estacionarias, por esta razón emplearemos dicha transformación para el análisis del nuevo VAR.

Al aplicar el selector de orden VAR, obtenemos discrepancias entre los métodos de Akaike (AIC), Schwarz (BIC) y Hannan-Quinn (HQC) por lo que se elabora un testeo manual concluyendo como apropiado la introducción de dos retardos.

Para las series diferenciadas obtenemos conclusiones bastante diferentes al estudio del apartado anterior y es que al utilizar las series estacionarizadas los efectos de unas variables sobre otras cambian notoriamente.

a. Ecuación 1.2: primeras diferencias del precio del petróleo

Parámetros	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	P-valor
Const.	0,0294366	0,16774	0,1755	0,8608
D_Petrol-1	0,523789	0,0511438	10,24	5,7e-22 ***
D_Petrol-2	-0,0247901	0,0514193	-0,4821	0,63
D_Gas-1	-0,0377657	0,375992	-0,1004	0,92
D_Gas-2	0,0390243	0,375827	0,1038	0,9174

Tabla 8: estimaciones de la ecuación 1.2

Para la primera ecuación, donde la variable dependiente es la primera diferencia del precio del petróleo obtenemos una conclusión semejante al estudio del apartado anterior, donde rechazábamos que los precios del gas tengan algún tipo de efecto sobre la formación de los precios del petróleo. Además con las variables diferenciadas el segundo retardo del petróleo ya no sale significativo, lo cual minimiza el efecto que tiene un shock del petróleo sobre la serie misma.

Las diferencias entre el modelo de la tabla 6 y el de la tabla 8, son contundentes al hablar de contrastes de significatividad conjunta. El único contraste F que detecta significatividad en los regresores, es el contraste conjunto de los precios del petróleo. Por el contrario tanto el contraste de significatividad global como el de los precios del gas no detectan significatividad conjunta. Esto nos indica que solo los precios del petróleo influyen sobre ellos mismos.

b. Ecuación 2.2: primeras diferencias del precio del gas natural

Parámetros	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	P-valor
Const.	-7,02969e-05	0,0225034	-0,003124	0,9975
D_Petrol-1	0,0123722	0,00686125	1,803	0,0721 *
D_Petrol-2	0,0044949	0,00689821	0,6516	0,515
D_Gas-1	0,103098	0,0504417	2,044	0,0416 **
D_Gas-2	-0,1679	0,0504195	-3,33	0,001 ***

Tabla 9: estimaciones de la ecuación 2.2

En la ecuación número 2, que incorpora como variable dependiente la primera diferencia de los precios del gas natural sobre 2 retardos, de las variables descritas en la tabla 9, nos muestra una relación más débil pero que sigue las líneas del apartado anterior. Nuevamente, aunque ahora de forma débil, parece intuirse que los precios del petróleo influyen en la formación de los precios del gas, mostrando una relación unidireccional.

Esta conclusión se observa más claramente con los contrastes de significatividad conjunta, ya que tanto el contraste de significatividad total como los de ambos pares de retardos nos indican la relevancia significativa de los mismos.

c. Gráficos de impulsos

Mostraremos nuevamente para este apartado, como se desarrollan los efectos de unas variables sobre las otras a lo largo del tiempo (24 meses).

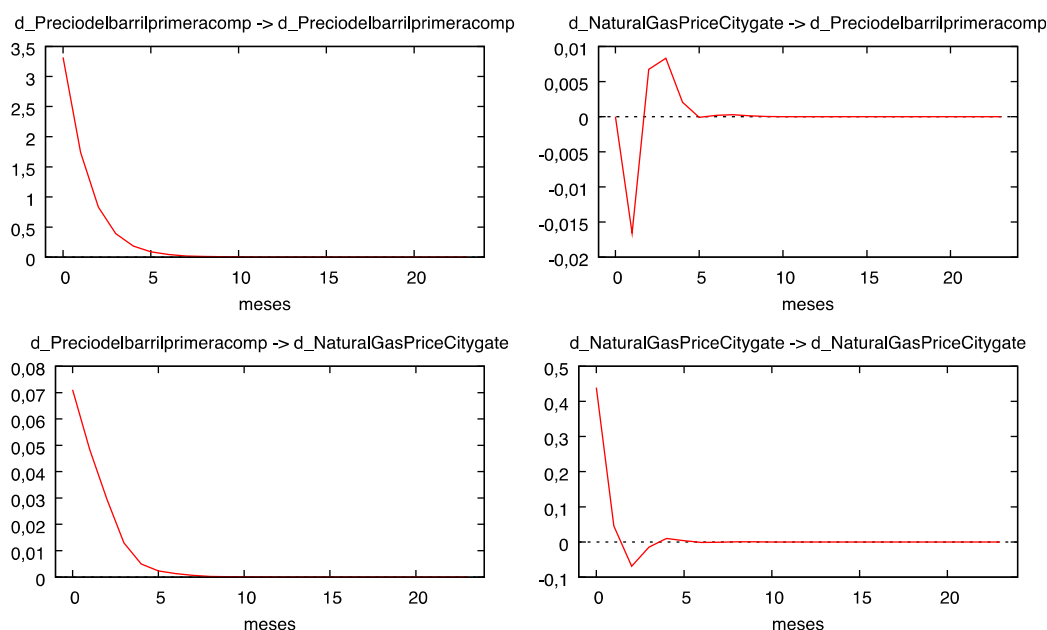


Gráfico 34: gráfico de los impulsos en primeras diferencias

Viendo los resultados de los cuatro impulsos, concluimos que el efecto que causan las primeras diferencias sobre la influencia de una variable sobre la otra es mucho más pronunciado, amortiguándose rápidamente. Es por esto que podemos observar como las distintas variables influyen fuertemente en los primeros meses tras el shock y luego tiende rápidamente a cero.

Para seguir en sintonía con el estudio del apartado anterior y dada la especial relevancia del impacto de los precios del petróleo sobre los del gas, individualizaremos este efecto para tratarlo aisladamente y sacar las principales conclusiones.

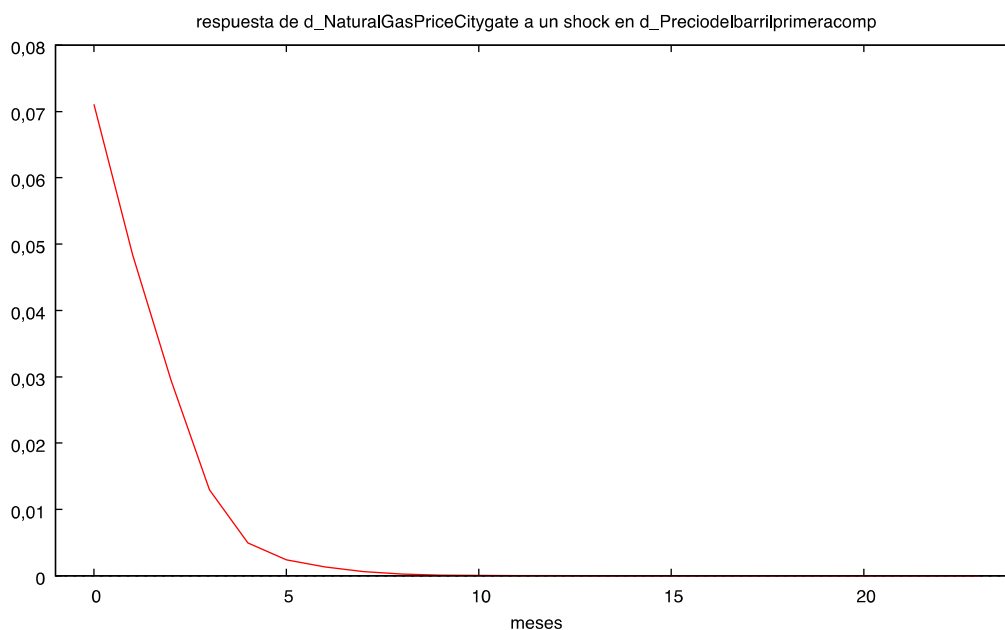


Gráfico 35: gráfico del impulso del petróleo sobre el gas en primeras diferencias

El gráfico anterior muestra como responden los precios del gas natural ante un shock repentino de los precios del petróleo. A diferencia del estudio con series en niveles del apartado anterior donde el efecto era positivo pero progresivo, ahora es positivo pero repentino. Es por esto que la amortiguación y cese del efecto ocurre de manera muy veloz, en menos de 10 periodos (meses) el efecto desaparece por completo (anteriormente vimos que perduraba incluso en el último periodo de prueba).

En resumidas cuentas, al comparar el estudio VAR en niveles y en primeras diferencias sacamos en claro que la transformación mitiga la evidencia de relación cortoplacista unidireccional (aunque no la elimina) y los efectos entre variables transcurren de forma más acelerada, teniendo los shocks más fuerza al principio.

18. Predicción estática y dinámica

Una vez estimados los modelos óptimos para ambas series, puede ser interesante realizar algunas predicciones que por la rigurosidad del estudio, las tomaremos como orientativas. Las predicciones a realizar serán tanto estáticas como dinámicas viendo las

diferencias entre ellas y sacando conclusiones respecto a las tendencias futuras a corto plazo de ambas series, obteniendo tasas de crecimiento estimadas.

Por un lado las predicciones estáticas son por definición a un periodo, ya que estas solo se basan en el valor real de la serie, por tanto gozan de un menor error predictivo y nos pueden proporcionar ciertas pistas respecto a la dinámica inmediata de la serie. En cambio las predicciones dinámicas se basan en primer lugar en el verdadero valor de la serie, pero tras esta primera predicción realiza nuevas predicciones respecto a la última de forma consecutiva, causando un error predictivo mayor al del estudio estático. La primera predicción siempre se basa sobre un valor real, por lo que coincidirá tanto para el estudio estático como dinámico, sin embargo tras esta se pueden realizar tantas predicciones dinámicas como uno quiera, siempre ateniéndonos al aumento del error predictivo, en cambio la predicción estática nos ofrece una única predicción posterior.

Por tanto en este estudio realizare una predicción estática para ambas series mostrando la tendencia futura de ambas series y comparándola con la serie original. Nótese que también realizaré la predicción estática, ya que coincidirá con la primera predicción de la dinámica.

a. Serie “precios del petróleo”

A continuación realizaré un estudio predictivo sobre la serie “precios del petróleo”, mi principal interés será analizar 6 predicciones futuras (1 estática y 4 dinámicas) viendo el comportamiento futuro de la serie y sus tendencia.

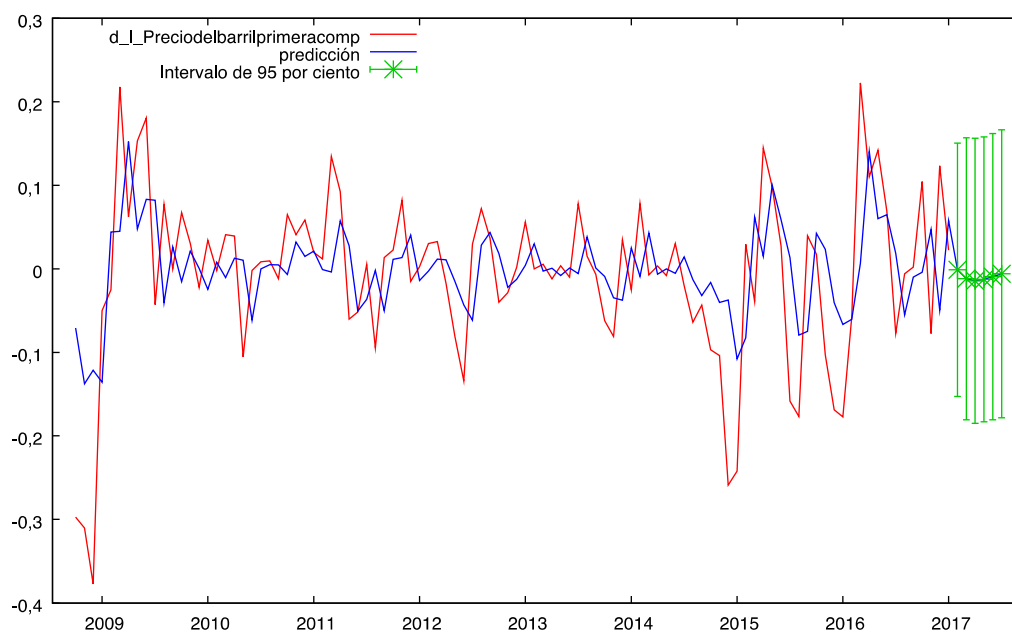


Gráfico 36: predicción extramuestral de la serie precios del petróleo

Como podemos observar en el gráfico anterior, las series predicha y la observada van en sintonía. Sí es verdad que parece tener un pequeño retardo de predicción, es decir se observa como el modelo predice bastante bien pero con un poco de retraso.

En cuanto a la predicciones devueltas por el programa Gretl, obtenemos que la tendencia es claramente negativa, sin embargo posee dos etapas: desde febrero de 2017 hasta abril se percibe un aumento del efecto decreciente en los precios, y tras esta fecha continua el decrecimiento de la serie pero atenuándose progresivamente.

Para la obtención de estas predicciones se utilizó un intervalo de confianza del 95%, las predicciones estimadas y sus desviaciones típicas se pueden observar en la tabla siguiente:

Periodos	Predicción	Desv. típica
2017:02	-0,001142	0,077393
2017:03	-0,011739	0,086155
2017:04	-0,014257	0,087009
2017:05	-0,012567	0,087034
2017:06	-0,009282	0,087416
2017:07	-0,005923	0,087914

Tabla 10: predicciones de la serie precios del petróleo

Como comentaba anteriormente la predicción indica reducciones en los precios del barril de petróleo, van desde una reducción del 0,11% en febrero hasta un 1,43% en abril, después continúan cayendo hasta un 0,5% en junio. Por el lado de la desviación

típica también observamos lo comentado en la teoría, el error predictivo aumenta conforme incorporamos más periodos de predicción. También hay que notar que el error de febrero es mucho menor que el resto de meses, esto se debe a que la primera predicción es estática y se basa en el verdadero valor de la muestra.

b. Serie “precios del gas”

En sintonía con el estudio anterior, realizaré una predicción del siguiente medio año del final de la muestra (6 meses). Nuevamente la primera predicción (febrero de 2017) será estática y las otras 5 predicciones serán dinámicas y fuera de la muestra.

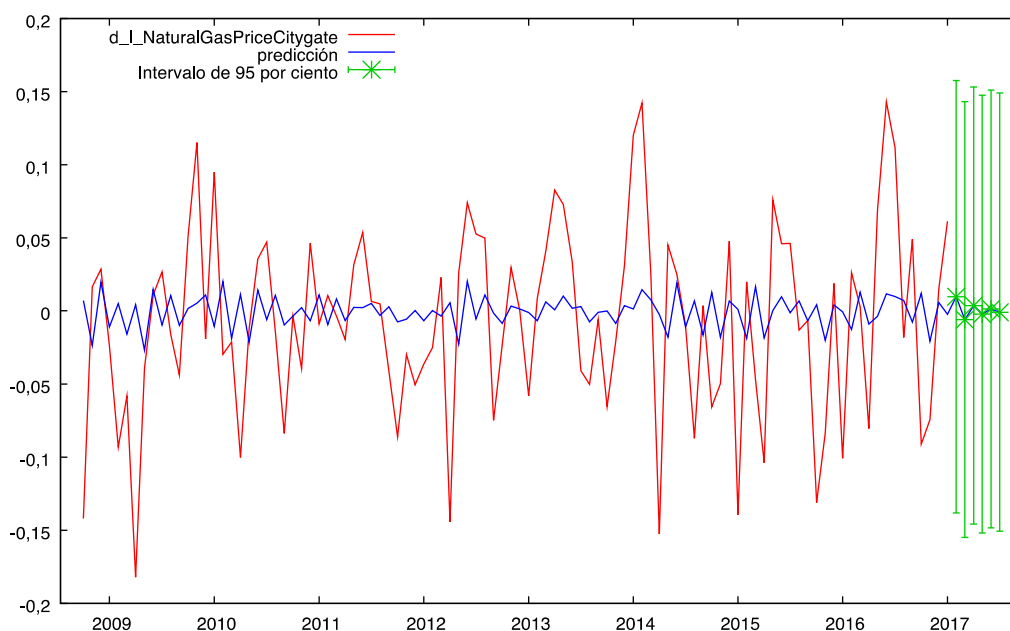


Gráfico 37: predicción extramuestral de la serie precios del gas natural

Para el caso de los precios del gas natural se notan muchas discrepancias entre los valores observados y estimados de la serie, si bien las predicciones se sitúa en torno a los verdaderos valores muestrales el ajuste es bastante basto.

En cuanto a los valores predichos, no podemos obtener una conclusión clara de su dinámica ya que alterna predicciones crecientes y decrecientes. Parecen tener más peso las predicciones negativas, lo cual podría indicar una leve tendencia negativa de la serie. A continuación representaré en una tabla los valores predichos junto a sus desviaciones típicas.

Periodos	Predicción	Desv. típica
2017:02	0,009659	0,075447
2017:03	-0,005924	0,076076
2017:04	0,003634	0,076311
2017:05	-0,002229	0,076399
2017:06	0,001367	0,076432
2017:07	-0,000838	0,076445

Tabla 11: predicción de los precios del gas natural

Como comentaba con anterioridad y como podemos observar en la tabla anterior, se intercalan predicciones positivas y negativas. El efecto parece tender a cero, ya que se va apaciguando conforme nos alejamos en el tiempo.

En el caso de la desviación típica también observamos un escalón entre la primera predicción y el resto, ya que la primera predicción se basa en el verdadero valor de la muestra y el resto en predicciones dinámicas.

19. Predicción por modelos

En este apartado realizaremos un estudio de la capacidad predictiva tanto de un modelo ARIMA como de un modelo VAR. Para ello debemos realizar un procedimiento de predicción de valores conocidos, la forma de conseguir esto es eliminando observaciones de la muestra.

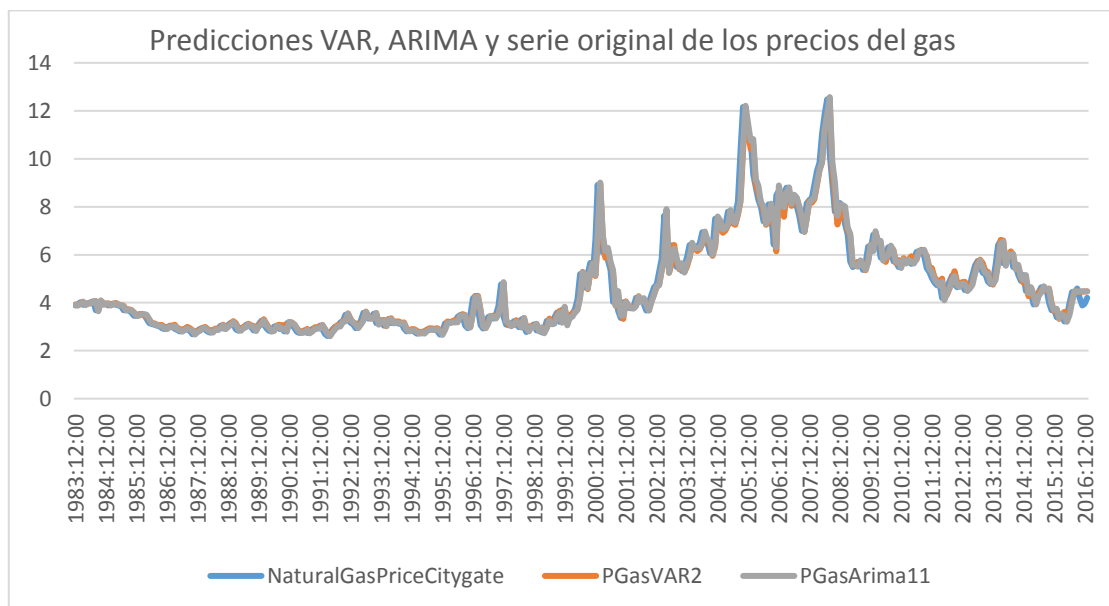
Antes que nada debemos crear variables idénticas a las del objeto de estudio, en este caso los precios del gas y petróleo, eliminando una serie de periodos (en mi caso los últimos 6 meses). Tras este procedimiento volvemos a estimar los correspondientes modelos ARIMA y VAR y predecimos sin aumentar el rango de la muestra, por lo que las predicciones nos devolverán ni más ni menos que una predicción de los valores omitidos.

Tras realizar la predicción, guardamos los datos predichos por ambos modelos y comparamos los resultados del VAR y el ARIMA con los verdaderos valores observados. Esto se puede hacer fácilmente aplicando una función antilogarítmica (simplemente elevando a la potencia “e”) a las predicciones del modelo ARIMA, ya que por la composición de los datos habíamos intuido óptima (estudio rango-media) esta transformación que no podría compararse directamente con las series en niveles.

A continuación mostraré las predicciones históricas de ambas series y haré más hincapié en las predicciones del último medio año, ya que estas son estrictamente dinámicas.

a. Serie “precios del gas”

La estructura óptima de esta serie era un modelo ARMA (1,1), diferenciada y en logaritmos para el estudio predictivo ARIMA y dos retardos para el estudio VAR. Por tanto realizando las predicciones de esta serie sin las últimas 6 observaciones obtenemos el siguiente gráfico:



Como podemos ver el ajuste es muy bueno, sin embargo esto no nos interesa en este apartado, ya que las predicciones realizadas hasta agosto de 2016 son estáticas, que por definición se basan en verdaderos valores muestrales y su error predictivo es bastante bajo (comparado con las dinámicas). Por lo tanto enfocaré este gráfico únicamente en el último medio año, es decir desde agosto de 2016 hasta enero de 2017, comparando la serie original en niveles y las predicciones de los modelos VAR y ARIMA.

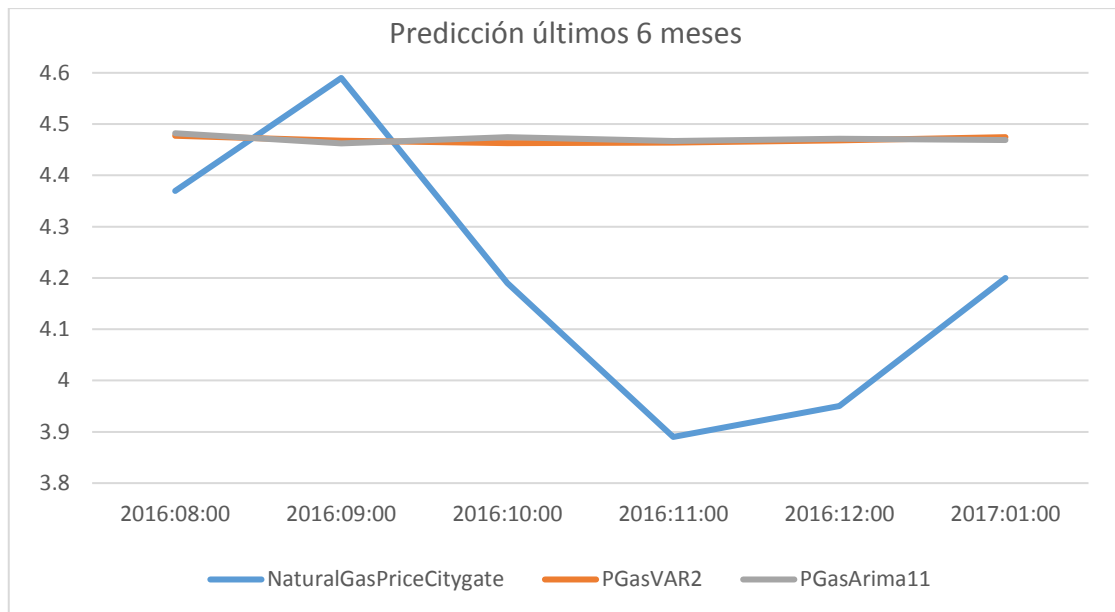


Gráfico 39: estimación por modelos de la serie precios del gas

Ahora si que podemos sacar conclusiones de nuestro estudio de comprobación predictiva, y es que las predicciones no se ajustan fehacientemente al verdadero valor de la muestra. Como podemos ver, ambas predicciones parecen mostrar una gran estabilidad en el último medio año, hecho que no es para nada representativo de la realidad ya que la serie “NaturalGasPriceCitygate” (serie original) sufre muchos desajustes: primero subiendo, luego bajando y por último volviendo a subir hasta el final de la muestra.

Por último ambas predicciones parecen ir en sintonía, y predecir de igual forma. A la pregunta ¿qué modelo predice mejor?, responderíamos que es inconcluyente ya que las predicciones son prácticamente iguales y en 4 de los 6 valores predichos se acercó más, al verdadero valor observado, el modelo VAR y en 2 de 6 el modelo ARIMA.

b. Serie “precios del petróleo”

La estructura óptima de esta serie era un modelo ARMA (2,1), diferenciada y en logaritmos para el estudio predictivo ARIMA y dos retardos para el estudio VAR. Por tanto realizando las predicciones de esta serie sin las últimas 6 observaciones obtenemos el siguiente gráfico:

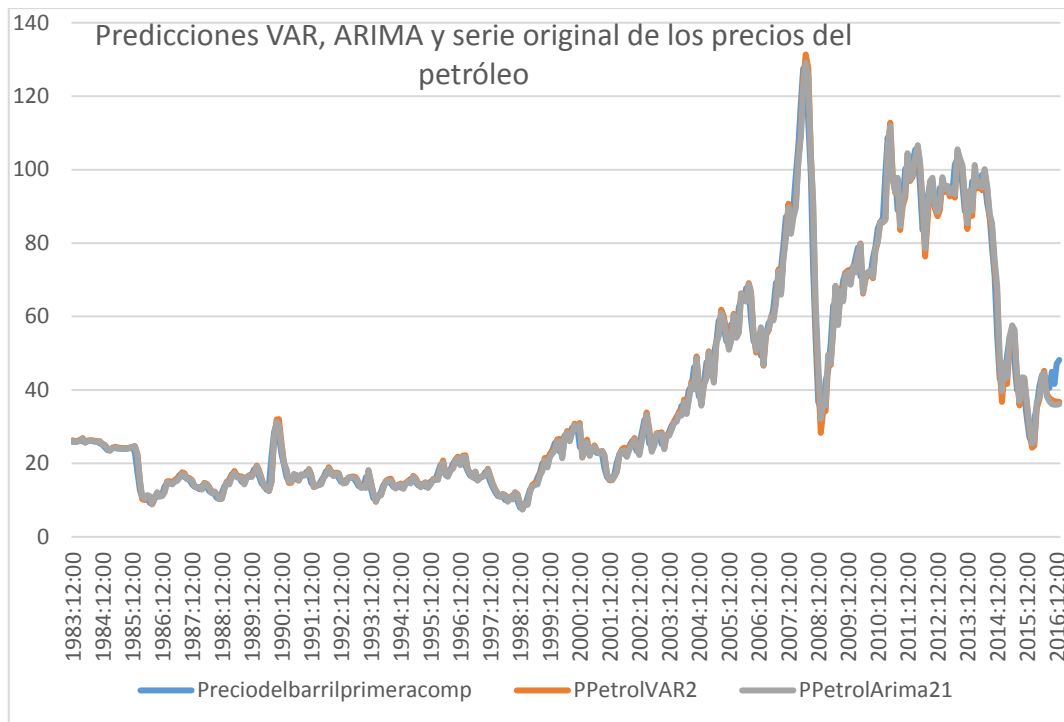


Gráfico 40: predicción por modelos de la serie precios del petróleo

Nuevamente podemos observar como el ajuste de ambas predicciones en comparación con los verdaderos valores muestrales es muy bueno, sin embargo como comentamos para el estudio de los precios del gas este no es el objeto de interés en este apartado. El interés radicaré íntegramente en las predicciones dinámicas de los últimos 6 meses, intentando dilucidar que modelo predice mejor en comparación con los verdaderos valores muestrales de la serie.

Por esto mostraremos en un gráfico tanto la predicción del VAR y del ARIMA, como la de la serie original únicamente para el último medio año de la muestra original. De esta manera podremos analizar el ajuste por modelos sin que las predicciones anteriores tapen su visualización y dinámica.

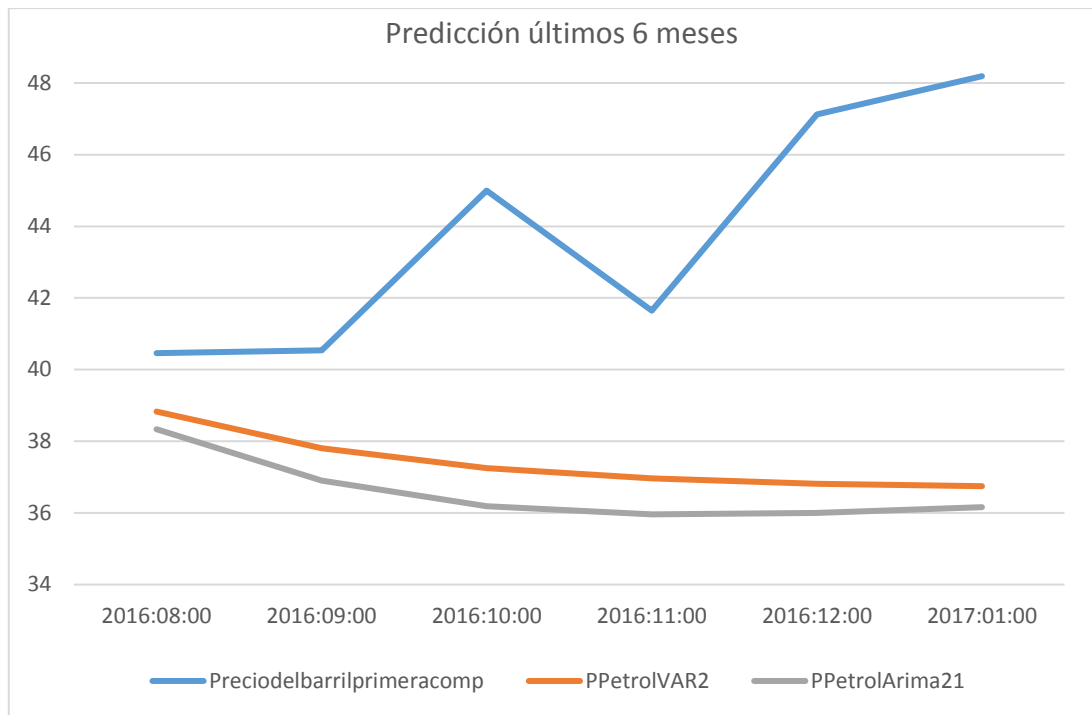


Gráfico 41: estimación por modelos de la serie precios del petróleo

Nuevamente el ajuste predictivo discrepa del verdadero valor muestral, esto es así ya que las predicciones tienen un comportamiento prácticamente lineal y descendente, cuando el valor muestral es cambiante y ascendente. Esto es así ya que las predicciones captan el valor y tendencia inmediatamente anterior, aparte como toda predicción esta sujeta a un error predictivo (más tratándose de predicciones dinámicas).

Lo interesante para ambas predicciones de esta serie, es que ahora si que se intuye un modelo mejor a la hora de predecir. Al menos para esta predicción, con este espectro temporal y estas condiciones, el modelo ARIMA parece predecir algo mejor que el VAR. Esto es así ya que se acerca más al verdadero valor muestral en las 6 predicciones realizadas.

Como vimos en los dos estudios predictivos anteriores, los modelos empleados no parecen predecir con mucha certeza al menos en el rango de predicción y en este periodo. Por el lado del “los precios del gas” no sacamos conclusiones sobre que modelo predice mejor, en cambio para “los precios del petróleo” todo parece indicar que el mejor modelo para predecir (en estas circunstancias) es el ARIMA.

20. Conclusión

En conclusión ambas series presentan estructuras bastante dinámicas y complejas, que infieren la utilización logarítmica y la diferenciación para conseguir la estacionariedad en media y varianza. Una vez estacionarizadas ambas series concluimos que siguen procesos parecidos y exceptuando la volatilidad de la serie transformada y el nivel de las series, su comportamiento y estructura no distan excesivamente.

En cuanto al objeto de este trabajo, concluimos tanto por el contraste de Engle-Granger como por el de Johansen, la inexistencia de cointegración entre estas dos series, indicando la carencia de relaciones sostenidas a largo plazo entre ambas. Por otro lado en la modelación de vectores autoregresivos obtuvimos conclusiones más que interesantes, y es que con un modelo VAR de orden 2 pudimos intuir, estadísticamente hablando, que los precios del gas no afectan en la formación de los precios del petróleo pero sí a la inversa. Además obtuvimos la dinámica de los distintos impulsos proporcionados por el modelo VAR, concluyendo que el impacto del precio del gas por un impulso del precio del petróleo es cambiante en el tiempo.

Por último cabe mencionar que las predicciones a futuro de estas dos series parecen indicar una tendencia negativa, sobre todo en el caso de los precios del petróleo. Estas intuiciones deben tomarse meramente como orientativas ya que la rigurosidad del modelo estimado no permite defender fehacientemente estos resultados y como comentábamos anteriormente, las predicciones dinámicas están sujetas a un error predictivo ascendente.

21. Bibliografía

- *Pena, Daniel* (2010). *Análisis de series temporales*. Madrid: Alianza Editorial, D.L.
- *Wooldridge, Jeffrey M.* (2006). *Introducción a la econometría: un enfoque moderno*. Madrid: Thomson-Paraninfo, cop.
- *Regúlez Castillo, M.* (2006). *Ejemplo de análisis de cointegración con Gretl*. (UPV-EHU).
- *Ramos Raad, M. y Martínez Hernández, J.* (2015). *Relación de precios entre los mercados de petróleo y sus derivados en las regiones de Norte América y Asia*.
- *Cottrell, Allin.* *Cointegration and Vector Error Correction Models* (pp. 239-255).
- *Buck, Andrew J.* (1999). *Cointegration and Error Correction*. Recuperado de <http://www.eco.uc3m.es/>
- *Sjö, Bo* (2008). *Testing for Unit Roots and Cointegration*. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/>
- *Bohn Nielsen, H.* (2005). *Non-stationary Time Series, Cointegration and Spurious Regression*.
- *Arango, S., López, J. y Martínez C.* (2016). *Relación entre el petróleo y otros commodities*. UAMF, Boletín de Coyuntura N°8.
- *Denia Cuesta, A.* (2017). Temario de la asignatura “técnicas de predicción en economía”. UA.
- *Hyde, Dan* (14 de agosto de 2009). *Oil Price continues on an upwards surge*. Daily Mail. Recuperado de <http://www.dailymail.co.uk>
- *Carcar, S.* (29 de junio de 2008). *Las manos que mueven el petróleo*. El País. Recuperado de <http://www.elpais.com/>
- *M.L* (16 de agosto de 2008). *El petróleo ha caído el 24% desde los máximos de julio*. ABC. Recuperado de <http://www.abc.es/>
- U.S. Energy Information Administration. (EIA). Recuperado de <https://www.eia.gov/>
- *Mouawad, Jad* (15 de abril de 2008). *Oil Prices Surge to a New High*. The New York Times. Recuperado de <http://www.nytimes.com/>

22. Anexos

Anexo 1:

Estadísticos principales, usando las observaciones 1983:10 - 2017:07
para la variable Preciodelbarrilprimeracomp (400 observaciones válidas)

Media	Mediana	Mínimo	Máximo
38,0470	24,8550	8,03000	128,080
Desv. Típica.	C.V.	Asimetría	Exc. de curtosis
29,4137	0,773090	1,11347	-0,0360699
Porc. 5%	Porc. 95%	Rango IQ	Observaciones ausentes
11,0520	98,4090	39,0700	6

Anexo 2:

Estadísticos principales, usando las observaciones 1983:10 - 2017:07
para la variable NaturalGasPriceCitygate (400 observaciones válidas)

Media	Mediana	Mínimo	Máximo
4,64333	3,93500	2,61000	12,4800
Desv. Típica.	C.V.	Asimetría	Exc. de curtosis
1,97096	0,424473	1,35899	1,60004
Porc. 5%	Porc. 95%	Rango IQ	Observaciones ausentes
2,80000	8,46900	2,62750	6

Anexo 3:

Modelo 2: ARMA, usando las observaciones 1983:11-2017:01 (T = 399)

Variable dependiente: d_1_NaturalGasPriceCitygate

Desviaciones típicas basadas en el Hessiano

	<i>Coeficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>z</i>	<i>Valor p</i>	
phi_1	-0,613341	0,153942	-3,9842	<0,0001	***
theta_1	0,742695	0,129958	5,7149	<0,0001	***

Media de la vble. dep.	0,000141	D.T. de la vble. dep.	0,076554
media innovaciones	0,000144	D.T. innovaciones	0,075447
Log-verosimilitud	464,9600	Criterio de Akaike	-923,9201
Criterio de Schwarz	-911,9532	Crit. de Hannan-Quinn	-919,1806

	<i>Real</i>	<i>Imaginaria</i>	<i>Módulo</i>	<i>Frecuencia</i>
AR				
Raíz 1	-1,6304	0,0000	1,6304	0,5000
MA				
Raíz 1	-1,3464	0,0000	1,3464	0,5000

Anexo 4:

Modelo 1: ARMA, usando las observaciones 1983:11-2017:01 (T = 399)

Variable dependiente: d_1_Preciodelbarrilprimeracomp

Desviaciones típicas basadas en el Hessiano

	<i>Coeficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>z</i>	<i>Valor p</i>	
phi_1	1,25915	0,162729	7,7378	<0,0001	***
phi_2	-0,458778	0,0620677	-7,3916	<0,0001	***
theta_1	-0,770007	0,179162	-4,2978	<0,0001	***

Media de la vble. dep.	0,001543	D.T. de la vble. dep.	0,088749
media innovaciones	0,001216	D.T. innovaciones	0,077393
Log-verosimilitud	454,6562	Criterio de Akaike	-901,3123
Criterio de Schwarz	-885,3565	Crit. de Hannan-Quinn	-894,9930

	<i>Real</i>	<i>Imaginaria</i>	<i>Módulo</i>	<i>Frecuencia</i>
AR				
Raíz 1	1,3723	-0,5445	1,4764	-0,0601
Raíz 2	1,3723	0,5445	1,4764	0,0601
MA				
Raíz 1	1,2987	0,0000	1,2987	0,0000

Anexo 5:

Etapla 1: contrastando la existencia de una raíz unitaria en NaturalGasPriceCitygate

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para NaturalGasPriceCitygate
incluyendo 12 retardos de (1-L)NaturalGasPriceCitygate
tamaño muestral 387

hipótesis nula de raíz unitaria: $a = 1$

contraste con constante

modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0,0197255

Estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -1,62248$

valor p asintótico 0,471

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,003

diferencias retardadas: $F(12, 373) = 3,201$ [0,0002]

Etapla 2: contrastando la existencia de una raíz unitaria en Preciodelbarrilprimeracomp

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para Preciodelbarrilprimeracomp
incluyendo 12 retardos de (1-L)Preciodelbarrilprimeracomp
tamaño muestral 387

hipótesis nula de raíz unitaria: $a = 1$

contraste con constante

modelo: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0,00906368

Estadístico de contraste: $\tau_c(1) = -1,5284$

valor p asintótico 0,5194

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,006

diferencias retardadas: $F(12, 373) = 13,557 [0,0000]$

Etapa 3: regresión cointegrante

Regresión cointegrante -

MCO, usando las observaciones 1983:10-2017:01 (T = 400)

Variable dependiente: NaturalGasPriceCitygate

	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	2,95298	0,120865	24,43	3,37e-81 ***
Preciodelbarrilp~	0,0444278	0,00251443	17,67	5,38e-52 ***
Media de la vble. dep.	4,643325	D.T. de la vble. dep.	1,970965	
Suma de cuad. residuos	868,6271	D.T. de la regresión	1,477322	
R-cuadrado	0,439594	R-cuadrado corregido	0,438186	
Log-verosimilitud	-722,6653	Criterio de Akaike	1449,331	
Criterio de Schwarz	1457,314	Crit. de Hannan-Quinn	1452,492	
rho	0,952986	Durbin-Watson	0,094839	

Etapa 4: contrastando la existencia de una raíz unitaria en uhat

Contraste aumentado de Dickey-Fuller para uhat

incluyendo 12 retardos de $(1-L)uhat$

tamaño muestral 387

hipótesis nula de raíz unitaria: $a = 1$

modelo: $(1-L)y = (a-1)*y(-1) + \dots + e$

valor estimado de $(a - 1)$: -0,0301525

Estadístico de contraste: $\tau_c(2) = -1,82316$

valor p asintótico 0,6189

Coef. de autocorrelación de primer orden de e: -0,000

diferencias retardadas: $F(12, 374) = 3,496 [0,0001]$

Hay evidencia de una relación cointegrante si:

(a) La hipótesis de existencia de raíz unitaria no se rechaza para las variables individuales y

(b) La hipótesis de existencia de raíz unitaria se rechaza para los residuos (uhat) de la regresión cointegrante.

23. Notas

1. Todos los gráficos son de elaboración propia a través de los programas Excel y Gretl.
2. El programa estadístico por el que se realizaron todos los estudios de este trabajo es Gretl.
3. La principal fuente informativa en cuanto a hecho relacionados con las series es el diario británico Daily Mail, el cual se puede visitar desde este [link](#).

4. La muestra empleada fue la más actualizada en el momento del comienzo del trabajo.